اللغويات العصبية

جوزويه باجيو



ترجمة عبد الفتاح عبد الله


أهم جروبات على تليجرام
باحثون
هنا سور الأزبكية
غواص في بحر الكتب
قناة مصر الثقافية و الفنية

اللغويات العصبية

تأليف
جوزويه باجيو

ترجمة
عبد الفتاح عبد الله

مراجعة
شيماء طه الريدي



اللغويات العصبية

جوزويه باجيو

Neurolinguistics

Giosuè Baggio

الناشر مؤسسة هنداوي
المشهرة برقم ١٠٥٨٥٩٧٠ بتاريخ ٢٦

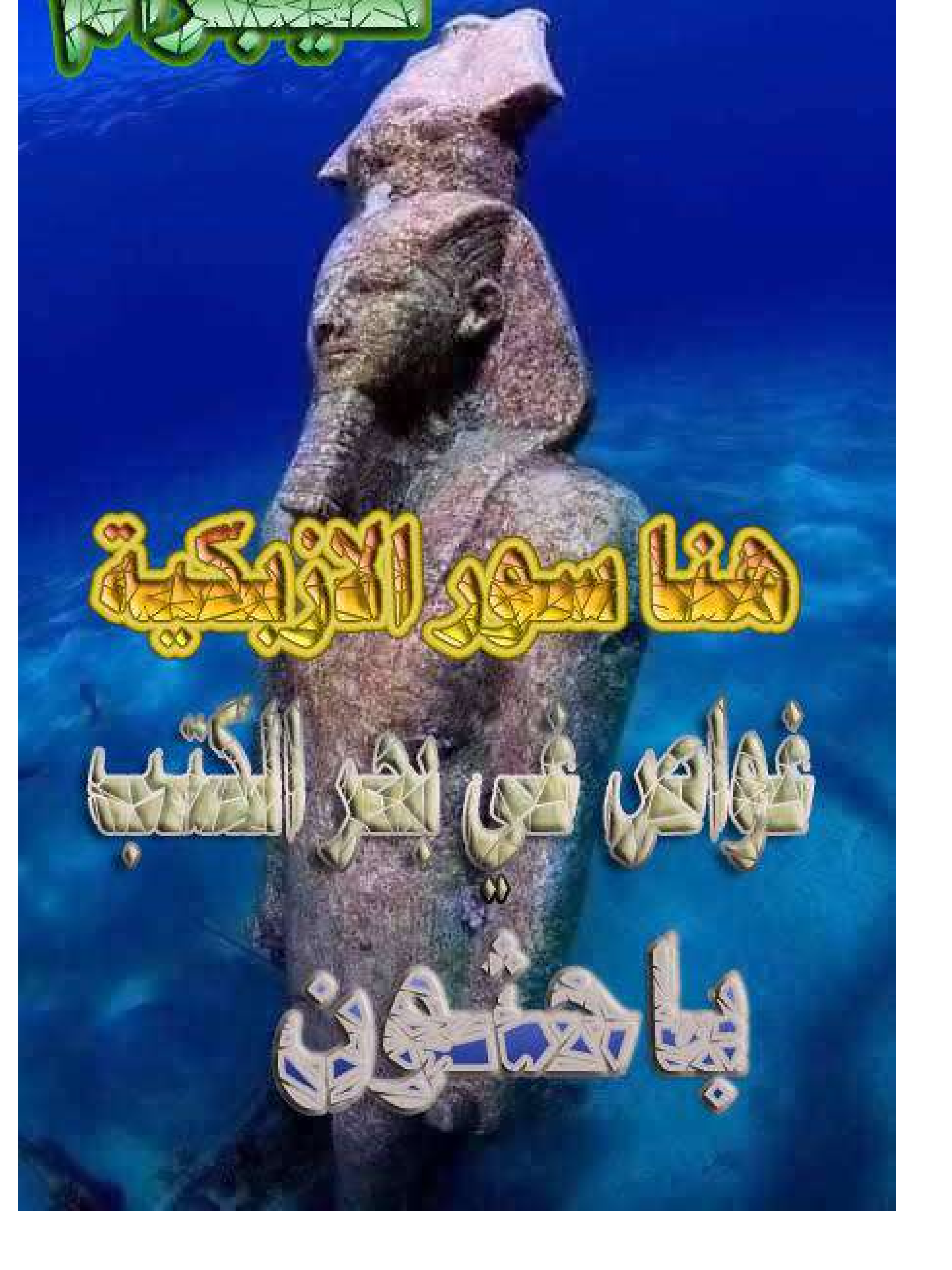
يورك هاوس، شييت ستريت، وندسور
تليفون: ‎+٤٤ (٠) ١٧٥٣ ٨٣٢٥٢٢
البريد الإلكتروني: hindawi@hindawi.org
الموقع الإلكتروني: https://www.hindawi.org

تصميم الغلاف: ولاء الشاهد

الترقيم الدولي: ٩٧٨ ١ ٥٢٧٣ ٣٧٤٤ ٢

صدر الكتاب الأصلي باللغة الإنجليزية عام ٢٠٢٢.
صدرت هذه الترجمة عن مؤسسة هنداوي عام ٢٠٢٤.

المحتويات


هنا سور الأزبكية
غواص في بحر الكتب
باحثون

تمهيد السلسلة

تُقدِّم سلسلة «المعرفة الأساسية» التي تنشرها مؤسسة «إم آي تي بريس» كتبًا موجزة بلغةٍ جَزْلة سهلة الفهم وشكل أنيق وحجم صغير يُلائم الجيب، تُناقِش الموضوعات التي تُثير الاهتمام في الوقت الحالي. ولمَّا كانت كتب هذه السلسلة من تأليف مفكرين بارزين، فإنها تقدِّم آراء الخبراء بشأن موضوعات تتنوَّع بين المجالات الثقافية والتاريخية إضافةً إلى العلمية والتقنية.

في ظلِّ ما يَشيع في هذا العصر من إشباعٍ لَحْظي للمعلومات، أضحى لدى الجميع القدرةُ على الوصول إلى الآراء والأفكار والشروح السطحية بسرعة وسهولة، وأصبح من الصعوبة بمكانٍ أن يَحظى المرءُ بالمعرفة الأساسية التي تُيسِّر فَهمًا صادقًا للعالَم. وما تفعله كتبُ هذه السلسلة هو أنها تُحقِّق ذلك الغرَض. وكل كتاب من هذه الكتب المختصَرة يُقدِّم للقارئ وسيلةً ميسَّرة للوصول إلى الأفكار المعقَّدة، من خلال تبسيط المواد المتخصِّصة لغير المُختصِّين، وشرح الموضوعات المهمة بأبسطِ طريقةٍ ممكنة.


تليجرام
مكتبة
هنا
سور
الأزبكية

مقدمة

اللغويات العصبية هي دراسة الأساسات العصبية للغات البشرية. فهي تتناول البنى التشريحية (شبكات الخلايا العصبية في المخ) والعمليات الفسيولوجية (الطرائق التي تنشط بها هذه الشبكات) التي تسمح للبشر بالتعلم واستخدام لغة أو أكثر. وقد يدرس علماء اللغويات العصبية كيف تعالَج لغات معينة — كالإنجليزية والفرنسية ولغة الإشارة الأمريكية أو أي لغة أخرى — في المخ، لكن الهدف من هذا العلم في النهاية هو وصف الأسس العصبية لقدرة البشر على تعلم اللغات في حد ذاتها.

واللغويات العصبية، كما يوحي الاسم، هي نتاج تلاقي علم الأعصاب بعلم اللغة (وعدة فروع معرفية أخرى كما سنرى). وأحيانًا ما تُستخدم مسميات أخرى للإشارة إلى هذا العلم، من بينها «علم الأعصاب الإدراكي للغة» و«علم الأحياء العصبية للغة». هذه المسميات متماثلة إلى حد بعيد، لكنها تبرز إسهامات معرفية مختلفة في الأبحاث المقامة على اللغة وعلى المخ، سواء في علم اللغة أو علم النفس الإدراكي أو علم الأحياء العصبية. وللدور الذي يضطلع به علم اللغة النظري أهمية خاصة. ففي إطار دراسة «الكيفية» التي يمثِّل بها المخ اللغة ويعالجها، غالبًا ما يكون من المفيد أولًا معرفة «ماهية» ما يُقدَّم ويعالَج؛ أي البنى المنهجية والجوهرية للغة على مستويات الصوت والقواعد النحوية والمعنى. كذلك ترتبط اللغويات العصبية ارتباطًا وثيقًا باللغويات النفسية؛ وهي دراسة معالجة اللغة واكتسابها باستخدام أساليب علم النفس النظري والتجريبي كافة.

يقدِّم هذا الكتاب أساسيات اللغويات العصبية الحديثة في قالبٍ موجَز وجذَّاب لا يخلو من الدقة. وهو موجَّه في المقام الأول إلى الطلاب الذين يتطرقون إلى هذا الموضوع للمرة الأولى، وللعالم الذي يقطن إلى جوارك، وإلى القارئ المحب للاطلاع الذي يرغب في معرفة ما يحدث في أدمغتنا حين نكتسب مهاراتنا اللغوية الثمينة أو نستخدمها، أو حين نفقدها.

ربما ينبغي لكتاب كهذا أن يظل على مسافة آمنة من حدود الأبحاث الراهنة، حيث توضع النظريات موضع اختبار وتُستخلص نتائج جديدة وتُطرح للمناقشة. لكن هذا لا يكون ممكنًا أو مستحسنًا على الدوام. فقد تشتمل المعرفة الأساسية في أحد المجالات أيضًا على المعرفة بشيء ليس معروفًا في الوقت الراهن؛ أي الأسئلة التي يمكن طرحها بثقة ودقة لكن لا يمكن الإجابة عنها بعد. ومسئولية الكاتب في هذا المقام هي أن يشير إلى أي تناقضات بين الدراسات أو إشكاليات مفتوحة أو المجادلات الدائرة حاليًّا، بالتوازي مع الإشارة إلى الأساليب والنتائج القائمة.

بتأليفي هذا الكتاب اضطلعت بمواجهة التحدي المتمثِّل في تحديد ما يجدر بي تضمينه فيه وما لا يجدر تضمينه. من ثَم أجدني ملزَمًا بأن أذكِّر القراء (وأذكِّر نفسي) بأن كل المعرفة العلمية دائمًا ما يتم الوصول إليها وتقديمها من وجهة نظر معينة. وهذا الكتاب ليس استثناءً من ذلك. إن اللغويات العصبية أكثر تنوعًا وديناميكية من أن نتصدى لها من منظور واحد بدقة واستيفاء (وبما يرضي جميع مُزاوليها إرضاءً تامًّا). كل ما يسعني فعله هو حث القراء على مطالعة هذا الكتاب ثم الانتقال إلى مؤلَّفات أخرى عن الموضوع. والملاحظات الختامية والقراءات الإضافية الملحقة بنهاية هذا الكتاب نقطة بدء جيدة.



شكر وتقدير

أود أن أُعرب عن امتناني للمراجعين الخمسة المجهولين الذين علَّقوا على مقترح الكتاب. لقد ساعدتني نصائحهم في تنظيم هيكل الكتاب ومحتواه في المراحل المبكرة من عملية كتابته، حين كنت في أمسِّ الحاجة إلى ذلك. أود أيضًا أن أتوجه بالشكر للمراجعين المجهولين الاثنين اللذين قدَّما مراجعة مفصلة على المسودات التي تخللت مراحل تأليف الكتاب. وأخص بالذكر جريجوري هيكوك الذي يستحق خالص التقدير لقراءته الخبيرة الدقيقة لمسودة الكتاب. أخيرًا، أود أن أشكر طلابي في الجامعة النرويجية للعلوم والتكنولوجيا على تحفيزهم لي — بعفوية أحيانًا — لتجربة طرائق جديدة لتقديم مجال اللغويات العصبية للقراء المحبين للاطلاع والخروج من دائرة الباحثين المحترفين المحدودة.



تليجرام
غواص
في بحر الكتب

الفصل الأول

مقدمة تاريخية

لعلك لم تسمع باللغويات العصبية من قبل، لكن ربما سمعت بالهوس بالأعصاب؛ وهو الانبهار الراهن بأي شيء له علاقة بعلم الأعصاب، لا سيما لو رافقته صور عامرة بالألوان للمخ وهو «في حالة نشاط».[1] فهل تُعَد اللغويات العصبية حالة أخرى من حالات الهوس بالأعصاب؟ الإجابة المختصرة هي لا. فبقدر ما يتوافر من معلومات، لا يوجد هوس عام باللغة في الدماغ، وأيًّا كان شكل الاهتمام القائم بها حاليًّا، فإن له تاريخًا طويلًا وثريًّا، يسبق كثيرًا من التطورات التي طرأت على علم الأعصاب الإدراكي (دراسة بنى المخ البشري ووظائفه) وعلم اللغة (دراسة اللغات البشرية). فالأبحاث الخاصة باللغة في الدماغ لم تكن في حاجة إلى شكل ناضج من علم اللغة وعلم الأعصاب لكي تنطلق. في الواقع، إن بعض النتائج المبكِّرة التي تم التوصل إليها في اللغويات العصبية كانت عاملًا أساسيًّا في اقتحام مجالات اللغويات الحديثة وعلم الأعصاب الإدراكي الحديث عمليًّا.

لم يُكتب بعدُ تاريخٌ شامل للغويات العصبية، ولا تزال أصول مصطلح «اللغويات العصبية» غير موثقة إلى حد كبير.[2] يمكننا رصد ثلاث نقاط تحوُّل أساسية في تاريخ التنظير والبحث الخاص باللغة في المخ. أولى تلك النقاط كانت بمنزلة طفرة تجريبية، وهي اكتشاف بول بروكا نحو عام ١٨٦٠ أن الضرر الذي يلحق بأجزاء معينة من القشرة الجبهية يمكن أن يصحبه إعاقة في مخارج الكلام. النقطة الثانية كانت طفرة نظرية، وتتمثل في الطرح الذي قدَّمه نعوم تشومسكي وآخرون نحو عام ١٩٦٠ عن أن اللغة هي نظام حوسبي، يتعيَّن رسميًّا بعدد محدود من المفردات إضافة إلى مجموعة محدودة من القواعد التي يمكن استخدامها لإنتاج مجموعة غير محدودة من الجمل. أما الثالثة فكانت طفرة تكنولوجية، تم خلالها إدخال ونشر طرق لقياس النشاط العصبي داخل الجسم الحي آنيًّا في البشر وأجهزة الكمبيوتر من أجل تحليل البيانات التجريبية ومحاكاتها، وذلك في نحو عام ١٩٨٠.

على أي حال، تتشكل اللغويات العصبية اليوم بهذه الخيارات النظرية والمنهجية. فما زلنا ننظر إلى اللغة باعتبارها مكونًا حاسوبيًّا من مكونات المخ، وما زلنا نحاول تعيين موقع عمليات لغوية معينة في مناطق معينة من المخ، تكون نشطة في أوقات معينة، وما زلنا نعوِّل على القياسات وأساليب معالجة البيانات عالية الدقة من أجل الحصول على نتائج تجريبية وتحليلها ونمذجتها. فلنستعرض بمزيد من التفصيل كيف وصلت اللغويات العصبية إلى ما هي عليه الآن.

الرواد و«صناع الرسوم التخطيطية»

تعود فكرة أن الكلام واللغة هما تعبيران عن قدرات مميزة للكائن البشري إلى العصور القديمة.[3] صحيح أن التوصيفات لحالات اضطرابات الكلام في وجود إصابات الرأس الرضحية أصبحت أكثر تواترًا نسبيًّا أثناء عصر النهضة وأوائل العصر الحديث،[4] لكن لم تُطرح فرضية وجود علاقة بين اضطرابات الكلام وإصابات الدماغ إلا في القرن التاسع عشر. كان فرانز جوزيف جال (١٧٥٨–١٨٢٨) على الأرجح من أوائل من أوضحوا تلك العلاقة. كان النموذج الذي طرحه من «سيكولوجية الملَكات» نموذجًا أصيلًا ومؤثرًا.[5] فقد ذهب جال إلى أن العقل منظم في شكل تسلسل هرمي من الملَكات التي (١) تتحدد بمحتواها (مثال، اللغة والرياضيات والموسيقى)، (٢) ويمكن أن تكون غريزية في البشر أو الأنواع الأخرى، (٣) وتتسم بالتمايز والاستقلال بعضها عن بعض، (٤) وتقع في أجزاء من المخ مميزة ومستقلة بعضها عن بعض. أشار جال أيضًا إلى وجود اضطرابات تقتصر على «ملَكة الكلام»، وكان هذا سيصبح من ضروب المستحيل لو لم يكن الكلام متمركزًا في جزء معين من المخ.[6] وقدَّم جال فكرة بسيطة أسهمت في خروج أبحاث تجريبية مبكرة على قواعد اللغة في المخ، ولم يكن ذلك لكونها صحيحة، بل لكونها قابلة للتجربة باستخدام الأساليب المتاحة في ذلك الوقت.

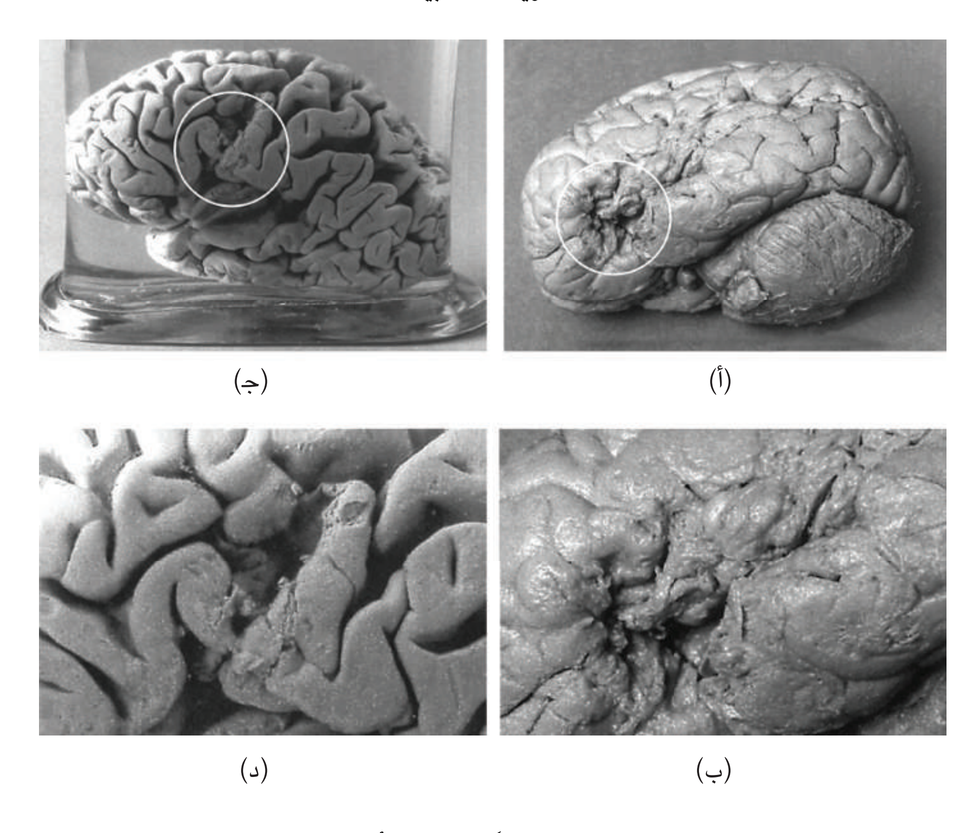
كان من بين المعتقدات المتداولة في مطلع القرن التاسع عشر فيما يتعلق بالأعصاب الفرضية القائلة إن بإمكان أي جزء من أجزاء نصفَي المخ الاضطلاع بوظيفة ما (تساوي القدرة الوظيفية)، وهي الفرضية التي طرحها جان بيير فلورانس (١٧٩٤–١٨٦٧)، إلى جانب قانون التناظر الذي وضعه كزافييه بيشا (١٧٧١–١٨٠٢)، الذي يشير إلى أن وجود جزء محدد من الدماغ مخصص للكلام واللغة يعني بالضرورة وجود هذا الجزء في نصفَي المخ كليهما؛ أي إنه «منطقة ثنائية».[7] في ذلك الوقت، لم يكن التساؤل السائد

يتعلق بموقع المناطق المسئولة عن اللغة والكلام بالتحديد في المخ. بل كانت الإشكاليات المطروحة تتعلق بما إن كانت تلك المناطق موجودة بالأساس، وما إن كانت تقع في مناطق معينة في أحد نصفَي المخ دون الآخر. كانت الآراء والمواقف المختلفة معقولة ومحتملة، وفقًا للكيفية التي سيصاغ بها كل سؤال من هذين السؤالين وكيفية الإجابة عنه. على سبيل المثال، اقترح جان باتيست بويو (١٧٩٦–١٨٨١) — استنادًا إلى تحليلات إصابات الدماغ في المرضى المصابين باضطراب في الكلام — أن مناطق الكلام سيكون موضعها الفص الجبهي للدماغ، وخلص إلى أن جال كان مصيبًا. غير أن بويو افترض أن الدماغ البشري متناظر. ومن ثَم إذا كان بالإمكان تحديد موقع المنطقة المسئولة عن الكلام في الدماغ، فستكون في الفص الجبهي لكلا نصفَي المخ.

يُنسب الفضل عادةً إلى بول بروكا (١٨٢٤–١٨٨٠) في اكتشاف أن جوانب الكلام أو اللغة لا توجد في الفص الجبهي فحسب؛ بل يتمركز وجودها أيضًا فى النصف الأيسر من المخ. وقد ذهب آخرون قبل بروكا — من بينهم مارك داكس (١٧٧٠–١٨٣٧) — إلى أن اللغة المنطوقة تقع في الفص الأيسر من المخ. لكن بروكا كان يمتلك البيانات، وقد نشرها في الوقت والمكان المناسبين حسبما تبين بعد ذلك. وفي سلسلة من المراسلات مع الجمعية التشريحية في باريس في عام ١٨٦١، وصف بروكا حالتين لمريضين، هما لوبورن ولولونج، كانا يعانيان صعوبة في النطق عدا بضعة «أصوات ملفوظة بوضوح دائمًا لا تتغير ودائمًا ما تُنتَج بالطريقة نفسها».[8] أفاد بروكا بأن باستطاعة الرجلين كليهما «سماع وفهم» اللغة المنطوقة، وكذلك إنتاج «أصوات منطوقة» بسهولة، وتحريك لسانيهما وشفاههما على «نطاق منفرج وبحيوية» أكثر مما هو كافٍ لنطق الكلام، وأن الرجلين كانا «في غاية الذكاء».

أتاحت تلك الملاحظات لبروكا بأن يخلص إلى أن التلف في كلتا الحالتين، لم يطل أنظمة المدخلات (السمعية) أو أنظمة المخرجات (الحركية)، حسبما تبين، بل طال «ملَكة نطق الكلام».[9] فحص بروكا دماغَي لوبورن ولولونج تشريحيًّا، ولاحظ أن كليهما يعاني من تلف أصاب أجزاء ممتدة من القشرة الجبهية اليسرى في منطقة أشار إليها باسم «التلفيف الجبهي الثالث» (انظر الشكل ١-١). وخلص بروكا إلى أن «سلامة منطقة التلفيف الجبهي الثالث — وربما الثاني أيضًا — تبدو عاملًا لا غنى عنه في ممارسة ملَكة اللغة المنطوقة. وفي حالة لوبورن ولولونج، يقع الضرر الذي أصابهما خلف الثلث الأوسط، أمام الفص الجزيري، وتحديدًا في الجانب نفسه.»[10]

هل استهدف بروكا اختبار الفرضيات القائلة بأن الكلام يقع في منطقة الفص الجبهي ويتمركز في الجانب الأيسر؟ وهل زعم فعليًّا أنه يحوز أدلة على ذلك؟ لسنا هنا



شكل ١-١: صور فوتوغرافية لدماغَي لوبورن (أ، ب) ولولونج (ج، د).

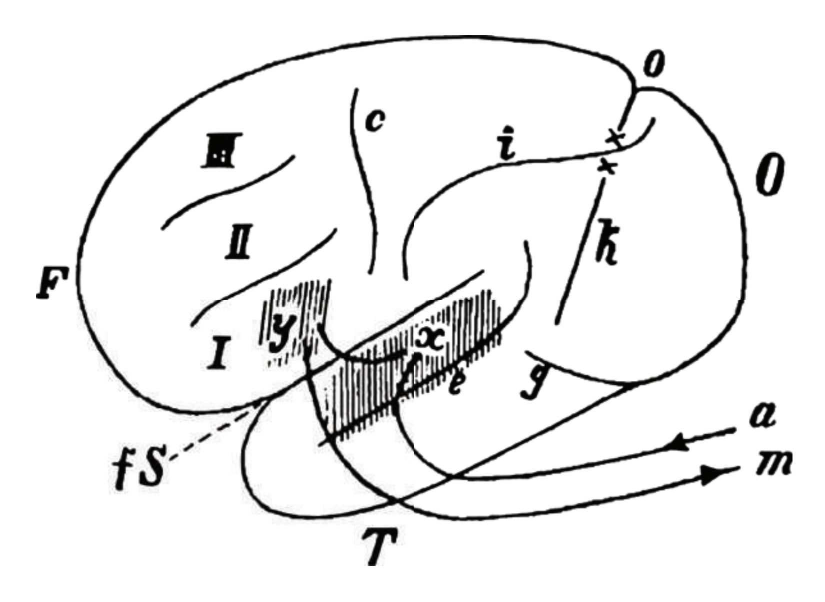
بصدد الخوض في جدل تاريخي، لكن قد يجدر بنا أن نذكر أن آراء بروكا قد شهدت تطورًا بين عامَي ١٨٦٠ و١٨٦٥. لم يكن بروكا يومًا مؤيدًا قويًّا لأطروحات تحديد تموضع وظائف المخ واستطرافها، وكان «تحوله بطيئًا وشاقًّا»،[11] وانفصل تدريجيًّا عن مذاهب التناظر والتكافؤ الخاصة بفلورانس وبيشا. شكلت حالتا لوبورن ولولونج فرصة له كي يختبر فرضية بويو التي تنص على أن القدرة على الكلام تكمن في الفصوص الجبهية، أو التكهن القائل بأن المريض الذي لا يقدر على الكلام سيكون مصابًا بأضرار في الفصوص الجبهية. لم تكن المسألة متعلقة بما إن كان بالإمكان تحديد مركز ملَكة اللغة في الفصوص الجبهية، أو إن كان بالإمكان تحديده من الأساس، أو إن كانت القدرة على الكلام تتمركز في النصف الأيسر من الدماغ. فقد زعم بروكا أن الإصابة في المنطقة الجبهية في حالتَي

لوبورن ولولونج كانت «سبب فقدان القدرة على النطق»، مؤكِّدًا بذلك على وجهة نظر بويو.[12] غير أنه كان حريصًا أيضًا على تجنب المزاعم العامة بشأن ملَكة اللغة، ولم يقبل إلا في النهاية باحتمالية أن تكون القدرة على الكلام متمركزة في النصف الأيسر من الدماغ.

كانت مهمة الجيل التالي من الباحثين هي دراسة العناصر الأخرى للغة والكلام في الدماغ. واستطاع كارل فيرنيك (١٨٤٨–١٩٠٥) فحص حالات لمرضى يعانون من أعراض واعتلالات مختلفة بالمقارنة بمريضَي بروكا، اللذين أظهرا قدرة محدودة على الكلام لكن كانا على قدر جيد من الاستيعاب، فيما صار يُعرف باسم «حبسة بروكا». وصف فيرنيك حالات لمرضى كانوا يستطيعون الكلام بسرعة ودون جهد، لكن افتقر كثير منهم إلى الملاءمة والترابط فيما يقولون، وكانت قدرات استيعابهم الكلام متدهورة؛ وهو النمط الذي صار يُعرَف باسم «الحبسة الحسية» أو «حبسة فيرنيك». وقدَّم أيضًا وصفًا لمرضى كانوا لا يزال بإمكانهم نطق الكلام وفهمه، ولكن كانوا عاجزين عن تكراره، فيما يُعرَف ب «الحبسة التوصيلية». وكما يشير عنوان كتابه البارز «مجموعة أعراض الحبسة»، الذي نُشر في عام ١٨٧٤، كان فيرنيك يعي أن هناك «مجموعة أعراض» للحبسة تنتظر التفسير، وليس مجرد اضطراب واحد أو موحد.[13] كانت إجابات فيرنيك أول نموذج للغة في الدماغ (انظر الشكل ١-٢)، والذي من المؤكد أنه كان له أثر ضخم دامَ حتى يومنا هذا.

يرى فيرنيك أن اللغة المنطوقة مدعومة بمجموعة من المراكز المتداخلة؛ إذ تلاشت فكرة أن تكون «منطقة كبرى» واحدة من القشرة الدماغية هي الأساس لـ «ملَكة عقلية» واحدة.[14] تتكون هذه المراكز من مركز لـ «الصور الحركية» للكلمات، ويناظر القشرة الجبهية اليسرى كما حدده بروكا (الشكل ١-٢، y)، ومركزًا لـ «الصور السمعية» للكلمات في التلفيف الصدغي العلوي الخلفي (الشكل ١-٢، x). هذه المراكز متصلة تشريحيًّا (طرح فيرنيك أيضًا فرضية فيما يخص الألياف التي من شأنها أن توفر الرابط بينها)؛ إذ تستقبل مدخلات من الأعصاب السمعية (a) وترسل مخرجات عبر أعصاب الحركة (m).

يمكن لهذه المراكز والروابط أن تصاب بتلف، ويمكن لكل تلفٍ أن يسبب خللًا محددًا في الكلام أو اللغة.[15] فيمكن لخلل في الأعصاب الصوتية (a) أن يسبب الصمم، فيما يمكن لخلل في أعصاب الحركة (m) أن يسبب عجزًا عن الكلام، وهذا ليس من أعراض الحبسة. ويمكن لتلف يصيب مركز الصور الحركية (y) أن يسبب حبسة بروكا، التي لا ينطق فيها المريض بالكلام بصورة صحيحة. كما يمكن لضرر يصيب مركز الصور السمعية (x) أن



شكل ١-٢: نموذج فيرنيك التخطيطي لمعالجة الكلام في الدماغ.

يؤدي إلى الحبسة الحسية، حيث يعجز المريض عن فك شفرة الكلام وفهمه. أخيرًا، يمكن لضرر يصيب الروابط بين المراكز الحركية والسمعية أن يسبب الحبسة التوصيلية؛ حيث يواجه المريض صعوبة في التعبير عن أفكاره التي يريد التعبير عنها أو تكرار الكلمات التي تتردد على سمعه حال فشل نقل المعلومات بين هذه المراكز.[16]

يُعَد فيرنيك آخر رواد مجال اللغويات العصبية وأول من يُطلق عليهم «صناع الرسوم التخطيطية»، وهو الاسم الذي أطلقه هنري هيد (١٨٦١–١٩٤٠) لاحقًا على اختصاصيي الحبسات الأوائل.[17] ولعل أكثر إسهاماته خلودًا إنشاؤه أول نموذج ربطي للغة في الدماغ، والذي كان له قدرتان، تنبُّئية وتفسيرية. لقد صرنا اليوم نعتبر نموذج اللغة فعليًّا شبكة من مناطق الدماغ تؤدي وظائف أو مهامَّ معينة بصورة جماعية، وتشارك المناطق الفردية المكونة لهذه الشبكة في كثير من المهام أو الوظائف. وكان فيرنيك مسئولًا عن تحوُّل مبكر نحو هذه النظرة، والانصراف عن مفهوم التموضع الصارم للوظائف الدماغية. ورأى كذلك أن المفاهيم تتوزع بين مناطق الدماغ؛ ومن ثَم لن يكون بالإمكان توطينها، كما يحدث مع المراكز الحركية والسمعية. وقد تبنَّى لودفيج ليشتهايم (١٨٤٥–١٩٢٨) هذه الرؤية وطوَّرها.[18]

جرى تطوير نسخ من نموذج فيرنيك — الذي يُعرَف أيضًا بنموذج بروكا-فيرنيك-ليشتهايم أو مبدأ بروكا-فيرنيك — حتى عهد قريب. في بعض الأحيان كانت هذه التطورات عبارة عن تحديثات حقيقية وجوهرية للنموذج، كما في مقترَح قدَّمه عالم الأعصاب الأمريكي نورمان جيشويند (١٩٢٦–١٩٨٤).[19] لكن بعض التحديثات الأخرى كانت تشويهات مبالغًا فيها رُوِّج لها باعتبارها النموذج العصبي «القياسي» للغة. وأحد أوجه التبسيط المتكررة للنموذج هو القول بأن مركز الصور السمعية هو مركز فهم الكلام في الدماغ، في حين أن مركز الصور الحركية هو مركز إنتاج الكلام في الدماغ. لكن فيرنيك رأى في المقابل أن كلا المركزين (إضافة إلى مراكز المفاهيم الموزَّعة) يساهم في عمليات مختلفة من العمليات الداخلة في إنتاج الكلام، وهو ما يكون دائمًا نتاج العمل المشترك لعدة عقد أو نقاط التقاء في الشبكة.

أما علم الحبسات الأكثر حداثة، فكان محاولة متواصلة وممتدة لاختبار نموذج فيرنيك ومراجعته، ويمكن اعتباره أشبه بسلسلة من الحواشي السفلية التي تسعى للإضافة إليه وتطويره. لكن هل شكلت أبحاث القرن التاسع عشر التي أجريت على أساسات الكلام في الدماغ علمَ اللغويات العصبية بحق، أم كانت «مجرد» جزء من علم الأعصاب أو علم دراسة الحبسات؟ لم تكن أفكار بروكا وفيرنيك وغيرهما وما توصلوا إليه من نتائج قد تبلورت لتشكل علم اللغويات العصبية بعد، لكنهم قدَّموا الدَّفعة الأولى نحو تطويره قبل دمجها مع النظريات اللغوية أثناء القرن العشرين. وأولى محاولات دمج هذه الأفكار كانت مع نظرية البنيوية؛ وهي النظرية القائلة بأن اللغة هي نظام من الإشارات، كاقتران الصوت بالمعنى، وقد وضعها عالم اللغة السويسري فرديناند دو سوسور (١٨٥٧–١٩١٣).[20] لكن لم تتحقق الطفرة إلا عند دمجها مع النظرية التوليدية، وهي النظرية القائلة بأن اللغة نظام حاسوبي — أي مجموعة محددة من القواعد لتوليد الجمل — والتي دققها عالم اللسانيات نعوم تشومسكي.

اللغويات العصبية والثورة الإدراكية

في مطلع القرن العشرين، بدا جليًّا لعلماء اللغة الفطنين أن اللغة كانت «في» الدماغ بشكل ما. على سبيل المثال، أشار سوسور في كتابه «منهج اللسانيات العامة» (١٩١٦) إلى أن اللغة قائمة باعتبارها «مجموع البصمات المودعة في كل دماغ».[21] لكن إدراكها على هذا النحو أمر مختلف تمامًا عن إثباتها بالأساليب العلمية. كان كلٌّ من بروكا وفيرنيك وآخرون

غيرهما قد أوضحوا أن الكلام المنتَج والكلام المستقبَل لهما موقعهما في الدماغ. لكنهم لم يتطرقوا إلى الإشكالية الكبرى، وهي إشكالية موضع الملَكة العامة للغة، وذلك كما أقرَّ بروكا دون جدل في عام ١٨٦١. كان التطرق إلى هذه المسألة يتطلب فهمًا أفضل للغة مما كان متاحًا معظم فترات القرن التاسع عشر، من حيث بناء الجملة والدلالات تحديدًا. وكان لزامًا أن يندمج كلٌّ من علم اللغة العصبي وعلم الحبسات في مجال أكثر تخصصًا وهو علم اللغويات العصبية.

ليس معروفًا كيف حدث ذلك؛ إذ كان قصة معقَّدة لم تُروَ، لكن كانت هناك ثلاث مراحل أساسية وحاسمة.

أولًا: لاحظ جون هيولينجز جاكسون (١٨٣٥–١٩١١) — من بين آخرين — أن تحديد الأسباب التشريحية لأحد الأعراض يختلف عن تحديد موضع لوظيفة ما في الدماغ. ومهدت هذه الملاحظة الطريق نحو تضمين الأساليب اللغوية النفسية في علم الحبسات، خاصةً التجارب المعملية المنضبطة التي تُجرى خارج المنشآت الطبية.

ثانيًا: أصبح واضحًا أن الكلام واللغة يتمحوران حول العبارات والجمل، وليس الكلمات فحسب. وكان هيمان ستينثال (١٨٢٣–١٨٩٩) من أوائل من فرَّقوا بين الاضطرابات على مستوى الكلمات (الحبسة) والاضطرابات على مستوى الجمل (العِي أو صعوبة التعبير اللغوي).[22] وأدخل أدولف كوسمول (١٨٢٢–١٩٠٢) مصطلح «الحبسة النحوية» للتعبير عن طائفة من حالات القصور المرتبطة بالتنظيم النحوي للجمل. ثالثًا: بدأ علماء اللغة في التغلغل في علم الحبسات، على سبيل المثال، من خلال أعمال رومان ياكوبسون (١٨٩٦–١٩٨٢)، الذي دفع بأن قصور المخرجات في حبسة بروكا يعكس انهيار محور التركيب التعبيري للغة (التسلسل)، في حين أن قصور المدخلات في حبسة فيرنيك يعكس انهيار المحور الاستبدالي (الاختيار المعجمي أو اختيار المفردات).[23] ويبدو اليوم أن نهج ياكوبسون اللغوي في دراسة الحبسة — لا سيما تشديده على اللغة باعتبارها نظامًا شكليًّا من المنظور البنيوي — أكثر تعقيدًا بكثير من نُهُجِ غالبية معاصريه.[24] لكن لم يستطع علم اللغويات العصبية البدء في تكوين فهم أقوى لبناء الجملة والدلالات اللفظية في الدماغ إلا من خلال التطورات اللاحقة التي طرأت على علم اللغة.

تحققت إحدى الطفرات في خمسينيات القرن العشرين من خلال سلسلة من الأوراق البحثية قدمها تشومسكي، جمع فيها طرقًا مستوحاة من المنطق والرياضيات مع تحليلات مبكرة أجراها زيليج هاريس (١٩٠٩–١٩٩٢) لما يُسمى بالتحويلات التركيبية، مثل القواعد

التي تُستخدم في تحويل الجمل المبنية للمعلوم («أكل الولد الحلوى») إلى جمل مبنية للمجهول («أُكلت الحلوى بواسطة الولد»). قدَّم تشومسكي النحو التحويلي التوليدي باعتباره نظرية في النحو اللغوي، وعُرف في النهاية بالنحو التوليدي. والنحو التوليدي لا يشبه القواعد النحوية التي تعلمناها في المدارس. فهو في جوهره إجراء يهدف إلى بناء الجمل.[25] وقد تألف في بادئ الأمر من مجموعة محددة من قواعد إعادة الكتابة؛ على سبيل المثال:

(أ) «ج» ← «م س» / «م ف»
(ب) «م س» ← «د» / «س»
(جـ) «م ف» ← «ف»/ «م س»

حيث «ج» ترمز إلى الجملة، و«م س» مركب اسمي «الولد»، و«م ف» مركب فعلي (مثل: «أكل الولد الحلوى»)، و«د» أداة تعريف، و«س» اسم، و«ف» فعل (يمكن أيضًا تضمين قواعد إعادة الكتابة، حيث الكلمات هي الرموز الطرفية؛ على سبيل المثال، أداة التعريف ← ال، الاسم ← حلوى، الاسم ← ولد، الفعل ← يأكل). وتسمح لنا القاعدة التحويلية س ← ص بإعادة كتابة الرمز على الجانب الأيسر لتحل محل الرمز على الجانب الأيمن، كإعادة كتابة الجملة «ج» لتصبح تسلسلًا يتكون من مركب اسمي ومركب فعلي «م س/م ف»، عملًا بالقاعدة أ. لنتغاضَ عن سؤال ما إن كانت لعبة القواعد التحويلية هذه تولِّد كل الجمل ذات التركيب السليم فحسب في اللغة أم لا (والإجابة أنها لا تفعل)، ولننظر في كيفية توليدها للبنية النحوية لجملة «أكل الولد الحلوى». لنبدأ بالرمز:

ج

نطبق القاعدة أ على الجملة، فنحصل على:

(م س/م ف)

ثم نطبق القاعدة ب على المركب الاسمي (م س)، والقاعدة ج على المركب الفعلي (م ف)، فنحصل على:

(د/ س) (ف/ م س)

وأخيرًا، نطبق القاعدة ب على المركب الاسمي ثانية:

(د/س) (ف) [د س]

كل تطبيق لقاعدة من قواعد إعادة الكتابة يترك أثرًا في البنية النهائية: والأقواس القائمة ( ) هي البصمات الدالة على الإجراء التوليدي. وتكون البنية النهائية «هرمية»،

حيث يمكن دمج كل مركب (على سبيل المثال، [د س]) داخل تركيب آخر (على سبيل المثال، (ف [د س]))). ويكون الإجراء «تكراريًّا»؛ إذ يمكن تطبيق كل قاعدة على الناتج من تطبيقها هي نفسها أو قواعد أخرى؛ فالقاعدة ب مستخدَمة مرتين، بصورة تكرارية، في عملية الاشتقاق. ويمكن تطبيق هذا النهج خارج نطاق بناء الجملة، كأن يمتد، على سبيل المثال، ليشمل دلالات الجمل والعبارات الجزئية.

قبل ظهور النحو التوليدي، كان المنطقيون والفلاسفة يطورون بالفعل أنظمة ولغات شكلية لأغراض عديدة. لكن تشومسكي هو من صمَّم في خمسينيات القرن العشرين أنظمة شكلية يمكن استخدامها لحصر الخصائص الأساسية لبناء الجملة في اللغات الطبيعية (إذ لم تجرِ أي محاولات لذلك من قبل)، وكان تشومسكي أيضًا في ستينيات القرن العشرين هو من أقرن النهج الشكلي بفكرة «القواعد النحوية التوليدية باعتبارها نظريات للكفاءة اللغوية البشرية» (كانت الأبحاث السابقة عن اللغات الشكلية مناهضة للنظرية التصورية).[26] وساهمت هذه التوليفة التي تجمع بين المذهب الشكلي والمذهب التصوري في ظهور ما يُسمى بالنظرية الحاسوبية للعقل ثم علم الإدراك: وهي الدراسة المتعددة التخصصات للعقل، التي تضم مجالات الفلسفة وعلم النفس وعلم اللغة وعلم الأعصاب. وذهب البعض إلى حد إطلاق مصطلح «الثورة الإدراكية» على هذه التطورات،[27] في حين دفع البعض الآخر بأن تلك التطورات كانت بمنزلة عودة علم اللغة وعلم النفس إلى «جذورهما التصورية» (الأوروبية).[28] وسيتفق البعض على أن النظرية الحاسوبية للعقل غيَّرت طريقة فهم الباحثين والمثقفين للإدراك البشري، من حيث بنيته وقدراته.[29]

علامَ دل ذلك بالنسبة إلى اللغويات العصبية؟ لقد أدى ذلك، في الواقع، إلى وصول الاتجاه نحو شكل ناضج ومتكامل لعلم اللغويات العصبية، كان قد تأسَّس قبل عقود عديدة، إلى مرحلتَي الكمال والإثمار. في البداية، طوَّر علماء اللغويات النفسية في هارفارد أساليب تجريبية، وكان من بينهم جورج إيه ميلر (١٩٢٠–٢٠١٢)، وهو أحد الزملاء المقرَّبين لتشومسكي. وتدريجيًّا اعتمد علماء الحبسة تلك الأساليب الجديدة، كما حدث، على سبيل المثال، في مركز بوسطن لأبحاث الحبسة، الذي أسَّسه وترأَّسه نورمان جيشويند وهارولد جودجلاس (١٩٢٠–٢٠٠٢). ثانيًا: تحول الانتباه من الكلمات إلى الجمل، ومن ارتباطات المثير والاستجابة إلى البنية الهرمية الشكلية للسلوك والإدراك المعقدين. ثالثًا: استُخدمت نظريات اللغة بصورة نشطة باعتبارها أدوات تنبُّئية وتفسيرية في الدراسات الخاصة بمعالجة اللغة واكتسابها. وللمرة الأولى أصبح من الممكن طرح أسئلة بشأن

«الواقع النفسي والعصبي» لعمليات معينة (كالتحويلات)، طرحها علماء اللغة النظرية، وذلك في أواخر الستينيات وأوائل السبعينيات من القرن العشرين.[30]

في ستينيات القرن العشرين، ظهر مصطلح «اللغويات العصبية»؛[31] إذ قدَّم إريك لينيبرج (١٩٢١–١٩٧٥)[32] أول «توليفة كبرى» تجمع بين علم اللغة وعلم الأحياء العصبي، وبدأ المجتمع العلمي في تنظيم نفسه، مع تأسيس الجمعيات العلمية ودورية «برين أند لانجويدج» في عام ١٩٧٤. وجاء في افتتاحية العدد الأول منها، التي كانت بقلم هاري ويتيكر: «إن ميلاد مجالات جديدة كعلم النفس الفسيولوجي، أو علم اللغويات العصبية الأحدث عهدًا، يمثل دليلًا صريحًا على إدراك كثيرين قيمة وجود قاعدة مفاهيمية موسعة وأدوات تحليلية جديدة في مجالَي اللغة والدماغ المعقَّدين والعلاقات المتداخلة بينهما.»[33] وأبدى ويتيكر مزيدًا من الحكمة وبعد النظر؛ إذ رأى أن ثمة تحولًا تكنولوجيًّا جذريًّا يلوح في الأفق في مجال اللغويات العصبية؛ إذ قال إن «تطوير أساليب جديدة وتحسين القديمة منها، والذي يبشر بمزيد من التطورات والرؤى الاستثنائية في المستقبل، مثل قياس جهود الدماغ البطيئة ذات الصلة بحدث في الدماغ، وتحليل أنسجة الدماغ باستخدام الأشعة السينية ثلاثية الأبعاد، والأنظمة الرياضية المنطقية للتحليل اللغوي والتحليلات اللغوية النفسية للحبسة»، ما هي إلا أمثلة قليلة على التقنيات والأساليب التي شكَّلت علم اللغويات العصبية كما نعرفه اليوم.

اللغويات العصبية والثورة التكنولوجية

إبان سبعينيات القرن التاسع عشر، بدأ الباحثون في استخدام طرق لتسجيل نشاط المخ الكهربي تسجيلًا مباشرًا لدى المشاركين الذين يتمتعون بصحة جيدة (التخطيط الكهربي للدماغ)، وقياس التباينات في التيارات الكهربية (الجهود المرتبطة بحدث) التي يولدها المخ استجابة لأحداث خارجية (كالمثيرات على سبيل المثال)، أو في أنشطته الداخلية (كاتخاذ القرارات). وفي ثمانينيات القرن العشرين وتسعينياته، أوضح باحثون في أوروبا والولايات المتحدة أن بعض هذه الإشارات يتغير بسرعة وبطرق منهجية استجابة للمعالجات التجريبية للمثيرات اللغوية؛ على سبيل المثال، إذا انتهت جملة ما بكلمة غير متوقَّعة في سياقها («… نحن نأكل الخبز والجوارب»)، أو إذا احتوت جملة على خطأ نحوي («… هم يلقي باللعبة على الأرض»).[34] وتبين أن المخ ينتج استجابات مختلفة في أوقات مختلفة لاختلالات الشكل والمحتوى اللغوي. وقد أدى هذا بالباحثين إلى التكهن بشأن

استقلالية الأنظمة المسئولة عن المعنى والقواعد النحوية في المخ؛ وهو موضوع محل جدل كبير حتى في وقتنا هذا (سأوافيك بالمزيد عن هذا في الفصول الثلاثة القادمة). وعلى مدار العقود الثلاثة الماضية، خضعت طرق التخطيط الكهربي للدماغ والجهود المرتبطة بحدث للاختبار والصقل والتطبيق بصورة مكثفة على عدة أمور تتعلق بمعالجة اللغة واكتسابها لدى مجموعات سكانية وعمرية متنوعة. وتبنَّى كثير من علماء اللغويات العصبية أساليب وتقنيات أخرى لتتبع الاستجابات العصبية، تشمل تخطيط مغناطيسية الدماغ، وتخطيط كهربية قشرة الدماغ، وقياسات أخرى مباشرة لنشاط المخ، مثل تخطيط كهربية الدماغ داخل الجمجمة. يمكن لهذه الأساليب أن تقدِّم معلومات مفصَّلة بشأن توقيت حدوث العمليات اللغوية، وما تنطوي عليه من آليات فسيولوجية.

في ثمانينيات القرن العشرين، أصبح بالإمكان رصد التغيرات التي تحدث في تركيز الجلوكوز أو الأكسجين والهيموجلوبين في أنسجة المخ باستخدام التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني أو التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي، وكذا وضع خرائط لمناطق المخ النشطة تتراكب على المسوح التشريحية ثلاثية الأبعاد. ومع انتشار هذه الأدوات على نطاق أوسع في منتصف التسعينيات، استطاع علماء اللغويات العصبية أخيرًا «رؤية» كيفية استجابة المخ للغة في الجسم الحي ومن دون تدخل جراحي، وبتفاصيل مكانية وزمانية مبهرة.[35] بالتأكيد كانت تجارب التصوير الأولى الخاصة بفهم اللغة متوافقة مع المعارف والتعاليم المتراكمة للغويات العصبية. على سبيل المثال، أظهرت دراسة أُجريت بالتصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي، على يد مارسيل جاست وزملاء له، ونُشرت في عام ١٩٩٦ في دورية «ساينس»، أن منطقة بروكا في المخ (في القشرة الجبهية السفلية اليسرى) ومنطقة فيرنيك (في القشرة الصدغية العلوية الخلفية اليسرى) كانتا تنشطان على حسب التعقيد النحوي للجمل التي كان المشاركون يعالجونها في أدمغتهم. وكان هذا النشاط في العموم أقوى في النصف الأيسر من المخ في هاتين المنطقتين مقارنة بنظيرتيهما في النصف الأيمن.[36] ومنذ ذلك الحين نُشرت مئات التجارب على اللغة باستخدام التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي، ولا يزال التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي من طرق التصوير الرئيسة في كثير من مجالات العلوم العصبية البشرية، ومن ضمنها اللغويات العصبية.

تحوي معظم مجموعات بيانات التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي والتخطيط الكهربي للدماغ ملايين من نقاط البيانات؛ فنجد ملايين الأرقام المختلفة منظَّمة في شكل مصفوفة أو بنية كثيرة الأبعاد. وما كان تجميع هذا الكم الهائل من البيانات وتحليله

(وتخزينه) ليصبح ممكنًا من دون أجهزة الكمبيوتر الرقمية. فالكمبيوتر هو البطل في تاريخ اللغويات العصبية الحديث؛ فكان الملهم للنظرية الحاسوبية للعقل باعتباره مفهومًا رياضيًّا، وباعتباره شيئًا ماديًّا، أتاح الكمبيوتر إجراء أبحاث تجريبية على عينات أكبر وجلسات مختبرية أطول، وظروف تحكم أفضل مما كان متاحًا فيما مضى. لقد غيَّرت الحوسبة والفسيولوجيا العصبية مجرى الأبحاث كاملًا في مجال اللغويات العصبية، وفي مجالَي علم النفس وعلم الأعصاب بصورة أعم؛ إذ تشكِّل البيانات وطرق التعامل معها اليوم كل خطوة من خطوات البحث، من نشأة فكرة الدراسة حتى نشرها.

غيَّرت الثورة التكنولوجية كذلك الكيفية التي يتم بها تطوير النظرية واختبارها؛ إذ أصبح من الشائع إنشاء نماذج حاسوبية لعمليات لغوية متنوعة؛ كإنشاء برنامج يتعلم تحديد التركيبة النحوية لجملة ما، واستخدام تلك النماذج في توليد أو «محاكاة» بيانات تُقارَن بعد ذلك مع ملاحظات تجريبية. تطوَّرت البنية الاجتماعية لمجال اللغويات العصبية أيضًا؛ إذ تُجرى أبحاث اللغة في المخ في الوقت الحالي على يد فرق كبيرة متنوعة التخصصات تتكون من متخصصين على قدرٍ عالٍ من المهارة، ويعملون في بلدان مختلفة بمنح قصيرة الأجل. كان بروكا وفيرنيك، بل حتى ياكوبسون حسبما يزعم، سيجدون مجال اللغويات العصبية المدعوم بالكمبيوتر الآن مجالًا غريبًا عليهم مقارنةً بالجهود الفردية ذات التقنية البسيطة التي ميَّزت أعمالهم اليومية.

> الكمبيوتر هو البطل الأول في تاريخ اللغويات العصبية الحديث.

ها قد وصلنا إلى ختام موجزنا لتاريخ اللغويات العصبية. لا يتبقى سوى فجوات قليلة سنرأبها لاحقًا. أما الآن فلننظر إلى الصورة المنبثقة من هذا السرد. إن الجانب «العصبي» هو نشاط تجريبي تمامًا يستخدم أحدث التقنيات لقياس نشاط المخ وتوليف هذه التسجيلات في شكل نماذج عبارة عن تمثيلات زمكانية لموجات التنشيط في المخ. أما الجانب «اللغوي»، فهو مشروع شديد المنهجية ينتج بيانات منطقية رياضية عن كيفية اشتقاق تركيبات لغوية معقَّدة من عناصر بسيطة. فهل يمكن لهذين الجانبين المختلفين تمامًا كأساليب بحثية وكمجالات للواقع — الأحياء والرياضيات، المادة والعقل — أن يندمجا بدلًا من أن يكونا متجاورين فحسب؟ هنا تبدأ مغامرة اللغويات العصبية المعاصرة.

الفصل الثاني

تعيين اللغة في زمن الدماغ

يحدث الكلام بصورة لحظية. فنحن لا نمر بفارق زمني أو فجوة زمنية بين انتوائنا قول شيء وقوله فعليًّا، وبين سماع أو رؤية ما يقوله شريكنا في الحديث وفهمنا لمعنى ذلك.[1] لكن كل شيء يحدث، يحدث في جزء من الوقت. وإنتاج اللغة وفهمنا لها ليسا استثناءً من ذلك. إلا أن اللغة تحدث في نطاقات زمنية أصغر بكثير مما يختبره الملاحظون من البشر في الأحوال العادية، وهو ما يمكن أن نطلق عليه «زمن الدماغ». يشهد الدماغ عدة عمليات معقَّدة تتم في الوقت نفسه في نطاقات زمنية ترتيبها من ١٠ إلى ١٠٠ ملي ثانية (١ / ١٠٠، إلى ١ / ١٠ من الثانية). لذا من المهم استخدام أساليب تتمتع بما يكفي من الدقة الزمنية لدراسة اللغة أثناء إنتاجها في وقتها.

ما الذي يرغب علماء اللغويات العصبية في معرفته في سعيهم لتحديد توقيت العمليات العصبية الكامنة وراء فهمنا للغة وإنتاجنا لها؟ يمكننا الإجابة عن هذا السؤال باستخدام سباق السرعة على سبيل التشبيه. تقوم المستشعرات أو الكاميرات التي توضع عند خط النهاية بقياس الوقت الذي استغرقه كل عدَّاء للوصول إليه منذ إطلاق مسدس البداية. إن ذلك يخبرنا بمدى سرعة كل عدَّاء. لكن ما نريد (أيضًا) معرفته هو ترتيب وصول العدَّائين إلى خط النهاية. ولكي نحصل على ذلك الترتيب، علينا أن نقارن بين الأزمنة الفردية التي استغرقها كلٌّ منهم من أجل ترتيبهم وتصنيفهم من الأول إلى الأخير. حتى لو أضفنا ثانية واحدة مثلًا لزمن كل عدَّاء، فسيظل ترتيب الوصول كما هو تمامًا، وإن كانت الأرقام الفردية ستتغير بالطبع. نحن نطبِّق مبدأً مشابهًا حين ندرس اللغة في زمن الدماغ. فالترتيب الزمني النسبي للعمليات اللغوية أهم من توقيت حدوثها المطلق نفسه، وإن كنا في حاجة لمعلومات عن الأخير لنخرج باستنتاجات بشأن الأولى. فهل حدثت العملية أ قبل العملية ب، أم العكس، أم حدثتا في آنٍ واحد معًا؟ في اللغويات العصبية،

غالبًا ما نحاول الإجابة عن أسئلة من هذا النمط العام (وأقدم أمثلة على ذلك لاحقًا). لكن لماذا نعير الأمر اهتمامًا؟

إن العقل البشري آلة حاسوبية سريعة بما يكفي لمعظم المهام التي تتعلق بالتكيف أو البقاء بالنسبة إلى الكائن الحي، وإلا فربما لم نكن لنوجد هنا الآن لنقصَّ هذه القصة. لكن غالبًا ما تكون أجهزة الكمبيوتر الرقمية أسرع في كثير من المهام التي تتطلب تحليلًا للخوارزميات، والتي تضم جوانب من عملية معالجة اللغة.[2] أما ما يميز المخ — وتحديدًا المخ البشري — فهو بنيته: الكيفية التي تتداخل بها العمليات المختلفة معًا — بالتتابع أو بالتوازي — بحيث يتم التعامل مع المعلومات بكفاءة، ويمكن نقلها أو ترجمتها بسهولة عبر وحدات النظام أو مكوناته، بدءًا من الإدراك وحتى اتخاذ إجراء، والعكس، من خلال التفكير المنطقي. لو قلت لك: «صبَّت لنفسها كوبًا من القهوة وغادرت الحجرة»، فعلى الأرجح أنك ستفهم أنها غادرت الحجرة «حاملة كوبًا من القهوة». أنت لا تترجم إشارات الكلام إلى معنًى مفهوم فحسب؛ بل أيضًا تستنتج المعنى المقصود، على الرغم من أنني لم أصرِّح قَط بأن كوب القهوة غادر الحجرة معها. إن البشر يتسمون ببراعة استثنائية في تفسير المعلومات المعطاة بفاعلية، بل وبصورة إبداعية، بينما الآلات أقل مهارة في ذلك بكثير. لا يمكن أن يكون ذلك مسألة سرعة، أو قدرة حسابية، أو مسألة بيانات؛ لأن أجهزة الكمبيوتر تستطيع تسخير هذه الأشياء أكثر منا. بل هو نتاج للبنية التي وهبها التطور لأدمغتنا. والحصول على بيانات تجريبية يمكن أن تكشف التسلسل الفعلي للعمليات اللغوية لهو أحد أساليب تمحيص ودراسة تلك البنية الأكثر تعقيدًا على الإطلاق.

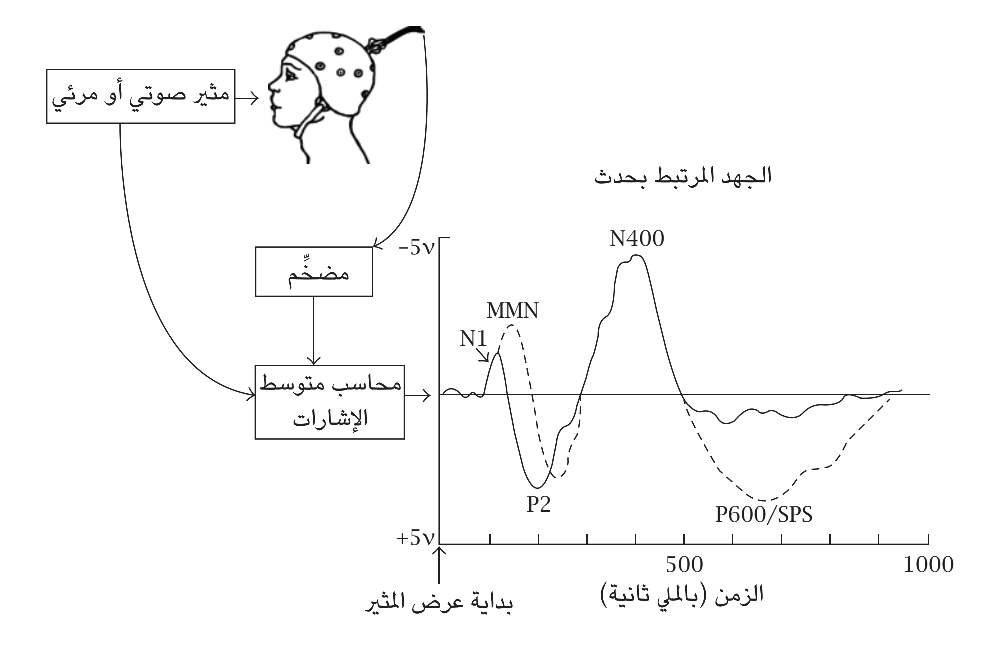
جهد المخ المرتبط بحدث

حتى وقت ليس ببعيد، كان باستطاعة الباحثين دراسة التوقيت النسبي للعمليات الإدراكية بصورة غير مباشرة فقط، وذلك من خلال قياس أزمنة الاستجابة السلوكية، وهو مجال يُعرف بقياس الوقت العقلي.[3] يمكن، على سبيل المثال، إثبات أن قراءة جمل تشتمل على تحويلات نحوية (من المبني للمعلوم إلى المبني للمجهول، أو من الإثبات إلى النفي) يستغرق وقتًا أطول بنحو ثانية واحدة من قراءة الجمل المثبتة المبنية للمعلوم.[4] وقد يخبرنا هذا بشيء عن اللغة (وهو أن بعض التراكيب في واقع الأمر أكثر تعقيدًا من غيرها)، أو بشأن القواعد النحوية الذهنية (وهو أنها تستخدم شيئًا كالتحويلات على سبيل المثال). لكنها لا تخبرنا بالكثير عن بنية اللغة في العقل. وعلى الرغم مما يتمتع به كثير من أبحاث

قياس الوقت العقلي من براعة وتميُّز، فإن أوقات الاستجابة السلوكية ليست الأدوات المناسبة للتعامل مع المسائل الجوهرية في مجال اللغويات العصبية.

تُعَد جهود المخ المرتبطة بحدث، التي التقينا بها في الفصل الأول، طريقة أكثر حساسية وفاعلية للتصدي لأسئلة بشأن المدة الزمنية التي تستغرقها العمليات اللغوية. ففي تجربة نموذجية من تجارب الجهد الدماغي المرتبط بحدث، تُقدَّم مثيرات صوتية أو مرئية (كلام أو نص) محكومة بدقة إلى أحد المشاركين بينما يتم تسجيل التخطيط الكهربي للدماغ من عدد من الأقطاب الكهربائية الموضوعة على رأس الشخص، الذي عادةً ما يكون مغطًّى بغطاء مطاطي (انظر الشكل ٢-١). يتم تضخيم إشارات كهربية الدماغ، وعزل الضوضاء من خلال أخذ متوسطات لعدد الإشارات المسجلة بناءً على تكرار المثير نفسه عدة مرات. يكشف هذا الإجراء تغير الجهد الكهربي في تخطيط كهربية الدماغ، والذي يحدث في فترات استجابة زمنية ثابتة منذ بداية عرض المثير، فيما يُسمى بنشاط مغلق زمنيًّا، وتلك التغيرات في الجهد الكهربي هي الجهود المرتبطة بحدث. تظهر إشارة الجهود المرتبطة بحدث في شكل تسلسل من قمم وقيعان (انظر الشكل ٢-١)، وتُسمى مكونات الجهود المرتبطة بحدث،[5] وتكون الاستجابات الزمنية فيها (التي تقاس بالملي لكل ثانية، واختصارها ملي/ثانية أو ملي ثانية) وكذلك سعتها (بالميكروفولت، واختصارها μV) هي المتغيرات الأساسية ذات الأهمية. قد يتساءل المرء ما إن كان تعديل المثيرات اللغوية بطرق معينة (على سبيل المثال، من خلال إدخال أخطاء نحوية أو كلمة غير متوقعة في السياق؛ انظر الفصل الأول) يؤثر على زمن الاستجابة لبعض مكونات الجهود المرتبطة بحدث أو سعتها. ويمكن من خلال التصاميم التجريبية الذكية عزل مكونات الجهود المرتبطة بحدث، والتي تتفاوت استجابة للتغيرات التي تطرأ على أحد جوانب المثير دون الجوانب الأخرى. وإذا أمكن أيضًا ربط عملية لغوية واحدة بالتغير المستخدم في المثير، فيمكن اقتراح رابط بين العملية اللغوية وإشارات الجهود المرتبطة بحدث التي جرى رصدها، مما يؤدي إلى تعيين فعال للغة في زمن الدماغ.

ينبثق كثير مما نعرفه عن توقيت العمليات اللغوية من تجارب الجهود المرتبطة بحدث، وإن توافر كثير من الأساليب الأخرى لقياس نشاط المخ آنيًّا، من بينها تخطيط مغناطيسية الدماغ، وتخطيط كهربية الدماغ داخل القشرة، وتخطيط كهربية الدماغ داخل الجمجمة، وأساليب أخرى. علاوة على ذلك، يمكننا الآن تطبيق الإجراءات المتقدمة لتحليل البيانات حتى على بيانات تخطيط كهربية الدماغ، لاستخراج معلومات كانت



شكل ٢-١: جهود المخ المرتبطة بحدث. أعيدت طباعته بتصريح من إل أوسترهاوت، وجيه مكلافلين، وإم بيرسيك، «جهود المخ المرتبطة بحدث واللغة البشرية»، دورية «تريندز إن كوجنيتيف ساينسيز١» (١٩٩٧): ٢٠٣–٢٠٩.

ستُفقَد فعليًّا أثناء عملية تحديد متوسط الجهود المرتبطة بحدث. في هذا الفصل، ينصبُّ التركيز على دراسات الجهود المرتبطة بحدث على اللغة في زمن الدماغ، مع النظر إلى بعض من تلك الأساليب الأخرى. إن سبب هذا الاختيار— كما أرجو — ليس الرجعية المنهجية («الأساليب القديمة أفضل من الحديثة»)، بل حقيقة أن أبحاث الجهود المرتبطة بحدث قد أنتجت كمًّا من النتائج لا تزال في انتظار إيجاد تفسير لها. أحيانًا ما يروق لنا في العلم أن نمضي في اتجاه آخر؛ لا لأننا فسَّرنا النتائج «القديمة»، بل لتوافر طرق أو تقنيات حديثة.[6] غير أن الأدوات الجديدة لن تجعل البيانات القديمة (أو المختلفة) تتلاشى.

معالجة أصوات الكلام

لكل أشكال اللغة — المنطوقة والمكتوبة والإشارية وما إلى ذلك — أساس فيزيائي، والصوت هو الأساس الفيزيائي للغة المنطوقة. ينطوي الكلام على تعديل الموجات الصوتية بأجهزتنا

الصوتية، والعكس بالعكس؛ إذ يتطلب فهم الحديث تحليل الموجات الصوتية المعقَّدة والصاخبة التي تصطدم بطبلة الأذن.[7] ويبحث علم الأصوات الأساس الفيزيائي للحديث، وتحديدًا الإشارة الصوتية (الموجات الصوتية) والأعضاء التي تقف وراء إنتاجها وإدراكها. أما علم وظائف الأصوات، في المقابل، فيصف الفئات المجرَّدة التي تشكِّل الحصيلة الأساسية للأصوات المنطوقة في اللغات البشرية. على سبيل المثال، المقطع اللفظي /سا/ يُعَد من منظور علم وظائف الأصوات هو الوحدة الكلامية نفسها، بغضِّ النظر عن الخصائص الصوتية، من جهارة الصوت، والطبقة، والنغمة، والسرعة التي قد يستخدمها المتحدثون على اختلافهم في مختلف المواقف، لإنتاج ذلك المقطع. فما يهم هو السمات الثابتة للمقطع اللفظي /سا/ وكيفية ارتباطه بسمات المقاطع اللفظية الأخرى (المتشابهة معه صوتيًّا)، مثل المقطع اللفظي /صا/. وفي هذا المقام تهتم اللغويات العصبية بإشكاليتين: (١) كيف يحول المخ التمثيلات الحسية للصوت إلى تمثيلات إدراكية للكلام؛ أي كيف يترجم المخ علم الأصوات إلى علم وظائف الأصوات؟ (٢) هل تكون تمثيلات الأصوات الكلامية في المخ مجردة ومقولية؟

هناك ثلاثة مكونات للجهود المرتبطة بحدث ترتبط بدراسة المعالجة الصوتية اللغوية في المخ: المكونان السمعيان N1 وP2 (أو N100 وP200، ويسميان هكذا لأنهما يظهران تباعًا في شكل قمة سالبة عند ١٠٠ ملي ثانية تقريبًا منذ بداية عرض المثير، وقاع موجب عند نحو ٢٠٠ ملي ثانية منذ بداية عرض المثير) والتنافر الصوتي السالب (أو التنافر السالب، أو PMN، أوMMN الموضح في الشكل ٢-١).[8] تعكس هذه المكونات في العموم استجابات لا واعية؛ أي إن خصائص المثير تعدِّلها، حتى لو لم نكن نوليها انتباهًا. تُستثار الاستجابة العصبية المركبة N1/P2 تلقائيًّا بكل الأصوات، وليس الأصوات الكلامية فحسب. غير أن سعة الموجة N1 أو زمن وصولها (وكذا سعة وزمن وصول نظيرتها المغناطيسية M1) يمكن أن يُعدَّل بخصائص الكلام. على سبيل المثال، تكون هذه المكونات المبكرة في تخطيط كهربية الدماغ أو تخطيط مغناطيسية الدماغ حساسة تجاه فئة الحروف الصوتية المتحركة، بغضِّ النظر عن طبقة الصوت أو اختلاف المتكلم،[9] ويمكن أن تُعدَّل بفعل التغذية الراجعة الخاصة بصوت المتحدث أثناء إنتاج الكلام.[10] تبيِّن هذه النتائج أن إدراك الكلام مبني على مقولات صوتية من البداية؛ إذ يستخلص المخ بسرعة كبيرة جدًّا المعلومات الصوتية اللغوية البارزة من الكلام في زمن أقل من ٢٠٠ ملي ثانية على الأرجح. في مثل هذه المرحلة المبكرة من إدراك الكلام، يمكن أيضًا للمخ أن يعرف ما

إن كانت المدخلات التي يستقبلها النظام السمعي ذاتية التوليد أم خارجية المنشأ؛ أي ما إن كان الشخص يسمع صوته هو أم صوت شخص آخر يتكلم.

نعرف كذلك أن عملية معالجة الكلام عملية تنبُّئية، كأي عملية إدراكية ومعرفية أخرى في المخ؛ فالمخ لا يقف متفرجًا في انتظار وصول بقية المعلومات، بل يحاول دائمًا أن يتوقع المثير التالي ضمن سلسلة من المثيرات، وكذلك نتائج أفعال الكائن. علاوة على ذلك، هناك أنواع مختلفة من التنبؤ، يمكن أن تعتمد على أنظمة تنبؤ مختلفة في المخ. يمكن أن تعتمد التنبؤات على المعرفة بالخصائص الصوتية القياسية للحديث، أو الأنماط الصوتية المكتسبة في إحدى اللغات، الأمر الذي يجعل حدوث تسلسلات صوتية بعينها أكثر ترجيحًا؛ أي يجعلها متوقعة أكثر من غيرها. وبناءً على هذه المعرفة المسبقة، ومع تكشُّف الحديث آنيًّا، يعمل المخ بنشاط على توليد نموذج للمثير الحالي وتوابعه المحتملة. بعد ذلك تُقارَن تمثيلات الكلام المولفة داخليًّا مع المدخلات الكلامية الفعلية، ويعاد الخطأ (الفارق بين النموذج الداخلي والمدخلات) إلى النظام لتصحيحه مباشرة وعلى الفور.[11]

يمكن أن يولِّد المخ أيضًا نموذجًا لحظيًّا لسلسلة من المثيرات، بالتركيز على بعض الأبعاد السمعية أو الصوتية البارزة وتجاهل الأبعاد الآخرى. وتشير الدراسات التي أُجريت على التنافر الصوتي السالب أن الدماغ يتعرف على أصوات الكلام المجردة في التسلسلات الاصطناعية — على سبيل المثال في سلسلة من أصوات /t/ غير متطابقة صوتيًّا — وأن بإمكانه أن يحدد سريعًا، في غضون ٣٠٠ ملي ثانية على الأكثر، ما إن كانت الأصوات الجديدة في التسلسل ذاته تنتمي (أو لا تنتمي) إلى المقولة الصوتية اللغوية نفسها؛ على سبيل المثال الحرف الساكن /t/.[12]

أخيرًا، يمكن أن تنتقل التنبؤات عبر الوسائط الحسية. في المحادثات التي تدور وجهًا لوجه، عادةً ما نرى حركات إخراج الكلام على وجه محدثنا، بل قد نراها حتى قبل أن نسمع أصوات الكلام الذي ينتجه المتحدث. يمكن أن تكون الفجوة الزمنية بين الرؤية والسمع ضئيلة جدًّا، إلا أنها تكون كافية للمخ كي يستخدم هذه المعلومات المرئية لمحاولة التنبؤ بالكلام. ينعكس هذا الأمر في الجهود المرتبطة بحدث في شكل تغيرات في الاستجابة N1/P2 التي يستحثها الكلام، حيث يمكن التنبؤ بالكلام بناءً على المدخلات المرئية التي سبقته.[13] إن معالجة الكلام عملية مقولية وتنبئية ومتعددة الأنماط والأساليب منذ اللحظة الأولى فيها.

معالجة معاني الكلمات في السياق

بالعودة إلى مسألة الترتيب الزمني لعمليات المعالجة اللغوية في الدماغ، لا نجد غرابة في أن تكون أولى العمليات التي تخلِّف أثرًا في إشارات الجهود المرتبطة بحدث أثناء إدراك الكلام هي العمليات الصوتية اللغوية. لكن ما الذي يأتي بعدها؟ تُدمَج الأصوات الفردية بعضها مع بعض حتى يتم إدراك كلمة ذات معنًى؛ على سبيل المثال، تسلسل الوحدات الفونولوجية /م وز ة/ يُدرَك على أنه كلمة «موزة». وفي داخل دفق الأصوات التي تشكِّل كلمة فونولوجية أو كلمة ذات مدلول صوتي، هناك دائمًا مرحلة (يُطلَق عليها اسم مرحلة التعرف) قد تسبق آخر وحدة صوتية، تصبح عندها ماهية الكلمة واضحة (أتطرق إلى تعرف الكلمة في الفصل السابع). فحين نجد كلمة في دفق الكلام، تحدث عمليات مختلفة تمامًا؛ إذ تفسح المرحلة الإدراكية من عملية معالجة اللغة المجال أمام المرحلة المعرفية من العملية ذاتها. فتنشط المعلومات المعجمية عن البنية الداخلية للكلمة (هل هي الكلمة المفردة «موزة»، أم صيغة الجمع «موز»؟) وخصائصها النحوية (هل هي اسم أم صفة؟) ومعناها. وعادةً ما يتم الوصول إلى هذه المعلومات بسرعة شديدة وعلى نحو متوازٍ. غير أن الهدف من معالجة الكلام واللغة هو إضفاء معنًى على المدخلات، وليس إجراء تحليل نحوي كامل ومفصَّل، ما لم يكن الموقف يتطلب ذلك. فالمخ يحاول حوسبة المعنى بأسرع ما يمكن، حتى لو كانت المعلومات المتاحة عن البنية الداخلية للكلمات والجمل الواردة بها هذه الكلمات معلومات جزئية فحسب.

إن سعة مكون الجهود المرتبطة بحدث N400 (انظر الشكل ٢-١) حساسة تجاه مدى ملائمة كلمة معينة، تعمل كمثير، للسياق اللغوي أو غير اللغوي السابق لها. هبْ أنك تسمع أو تقرأ جزءًا من جملة يقول: «دهن خبزه الدافئ بـ ...» يتبعها كلمة تلائم السياق تمامًا مثل كلمة «زبد»، أو كلمة لا تلائمه مثل كلمة «جوارب». ستكون سعة الاستجابة N400 أكبر في الحالة الثانية، وكأن المخ قد اضطُر إلى بذل مزيد من الجهد ليعالج الكلمة الأقل ملائمة أو أرجحية. لكن الاستجابة N400 ليست الإشارة الداخلية التحذيرية للمخ؛ فهي ليست استجابة قاطعة قد تحدث أو لا تحدث تنتج عن طريق رصد شذوذ أو انتهاك للملاءمة الدلالية أو التوقع الدلالي. إنما هي استجابة عصبية متدرجة لخصائص المثير المتغيرة باستمرار، مثل الملاءمة الدلالية والافتراض الدلالي وغيرهما.[14] على سبيل المثال، بالنظر إلى جزء الجملة «أخذ رشفة من ...»، ستكون سعة الاستجابة N400 أكبر لكلمة «محطة إرسال»، وأقل قليلًا لكلمة «شلال»، وأقل أكثر لكلمة «زجاجة».[15] في عموم الأمر،

لا يبدو أن الاستجابة N400 تولي اهتمامًا لما إذا كان السياق السابق منظمًا بأي شكل — منطقيًّا كان أو نحويًّا على سبيل المثال — أو حتى لما إذا كان السياق كلامًا أو لغة أو شيئًا آخر مغايرًا تمامًا، ما دامت المعلومات المعجمية موجودة فيه ومتوافرة لمعالجة الكلمات الواردة الجديدة. فقد أثبتت الأبحاث على الاستجابة N400 أن المعنى ينشط بمجرد إدراك الكلمة، وأن عملية التنشيط هذه حساسة للمعلومات المتاحة بالفعل من السياق.

> إن الهدف من معالجة الكلام واللغة هو إضفاء معنًى على المدخلات، وليس إجراء تحليل نحوي كامل ومفصَّل.

يمثل تدرج الاستجابة N400، من منظور اللغويات (علم دلالات الألفاظ)، لغزًا؛ فما معنى الكلمة إن كان المعنى ينشط بصورة ديناميكية، بل ربما حتى بصورة احتمالية، ويعتمد على ملاءمة المعنى للسياق؟ لن أحاول الإجابة عن هذا السؤال هنا، عدا أنني سأنوِّه إلى أنه ليس بمقدور كل النظريات الدلالية شرح هذه الحقيقة بالقدر نفسه من السهولة. وتُقر اللغويات العصبية بأن الاكتشافات على مستوى العمليات والبنى الدماغية يمكن أن تشكل النظريات اللغوية، وربما تساعد في الاختيار من بين نظريات بديلة.[16] وفي مجال اللغويات العصبية نفسه، يدور الجدال حول ما تعكسه الاستجابة N400: هل تعكس عملية تنشيط فحسب (أو عملية «استرجاع دلالي» المستمد من الاستعارة الحاسوبية)، أم تعكس أيضًا دمجًا لمعنى الكلمة في تمثيل للسياق؟[17]

لا يوجد إجراء واحد من إجراءات قياس النشاط الدماغي يتيح وصولًا كاملًا للديناميكيات العصبية الكامنة وراء ذلك. وهذا يعني ضمنيًّا أن الاستجابة N400 يمكن أن تقدِّم فقط صورة جزئية لعملية معالجة المعنى في زمن الدماغ. وتُظهر الأبحاث التي أجريت باستخدام تخطيط مغناطيسية الدماغ أن الاستجابة N400 هي أحد نواتج نشاط عدة مصادر عصبية ومكونات فرعية مختلفة؛ فما يبدو بسيطًا هو في واقع الأمر معقد.[18] علاوة على ذلك، لوحظت استجابات عصبية موثوقة أخرى، ذات صلة بعلم الدلالات، تسبق الاستجابة N400 أو تتبعها في إشارات تخطيط مغناطيسية الدماغ أو تخطيط كهربية الدماغ.[19] فتشير الصورة المنبثقة إلى أن المخ من اللحظة التي يدرك فيها الكلمة ولمدة ما لا تقل عن نصف ثانية، ينخرط في عملية تنشيط المعنى؛ إذ يربطه بالمعرفة المختزنة فيه، ويحدد ما تشير إليه كلمة ما في السياق المحدد.

معالجة البنية النحوية

تبين دراسات فهم اللغة المنطوقة باستخدام تخطيط كهربية الدماغ وتخطيط مغناطيسية الدماغ أن الخصائص الصوتية للكلمات تُعالَج بسرعة كبيرة جدًّا خدمة لعملية التعرف المعجمي. فما إن يحدد المخ كل كلمة في المدخلات، حتى يمضي في تنشيط معانيها واستخدام تلك المعلومات لاستنتاج المعنى المراد. وعادة ما تكون عمليات المعالجة الدلالية تلك معقدة وأبطأ وتستغرق فترات زمنية أطول، وتشترِك عدة آليات مختلفة في مناطق متعددة من الدماغ. فما دور النحو في هذا؟ يعتقد علماء اللغة أن القواعد النحوية للغة ما — الصرف والبناء — ضرورية لإنشاء المعاني بالطريقة الصحيحة. وحتى لو خففنا هذا الزعم بعض الشيء وأقررنا بأن القواعد النحوية تفيد على الأقل في استعادة المعنى، يظل السؤال قائمًا: كيف تتكشَّف المعالجات النحوية في زمن الدماغ؟

كانت أولى موجات الجهود المرتبطة بحدث ذات الصلة بالقواعد النحوية هي الموجة P600 (حيث ترمز P إلى القطبية الموجبة عند قمتها، والرقم ٦٠ يرمز إلى ذروة الاستجابة التقريبية بالملي ثانية)، أو التحول الموجب النحوي (SPS) (انظر الشكل ٢-١).[20] وقد رصِدت موجة P600 أكبر استجابة للشذوذات النحوية (أي تراكيب لن تجيزها أو تولِّدها أي قواعد نحوية)، وأيضًا لجمل معقَّدة أو ملتبسة نحويًّا عند نقاط معيَّنة أثناء عملية المعالجة. فجزء من جملة ما يمكن أن يكتمل إما كجملة بسيطة مبنية للمعلوم (The Broker Persuaded the Man to Sell the Stock وتعني «أقنع السمسار الرجل ببيع السهم») أو كجملة موصولة مختزلة (The Broker Persuaded to Sell the Stock Was Sent to Jail بمعنى «السمسار الذي اقتنع ببيع السهم أرسل إلى السجن») حيث لا يعبر فيها عن الاسم الموصول Who والفعل المساعد Was، وأصلها: (The Broker Who Was Persuaded to Sell the Stock Was Sent to Jail). يبدو تحليل الجملة الأخيرة نحويًّا أصعب، وقد وجِدت بالفعل موجة P600 أكبر استجابةً للعلامة المصدرية to، مقارنة بتراكيب مشابهة مع أفعال متعدية أو لازمة (على سبيل المثال The Broker Persuaded to في مقابل The Broker Hoped to). يمكن إكمال هذين الجزأين من الجملة بشكل يحافظ على تحليل الجملة الموصولة المختزلة: The Broker Persuaded to Sell the Stock Was Sent to Jail (بمعنى «السمسار الذي اقتنع ببيع السهم أرسل إلى السجن») في مقابل The Broker Hoped to Sell the Stock Was Sent to Jail (بمعنى «الرجل الذي أراد بيع السهم أرسل إلى السجن») التي من الواضح أنها غير صحيحة

نحويًّا في الإنجليزية. وقد رصدت موجة P600 أكبر عند الكلمة التي اتضح عندها أن الجملة الثانية ليست سليمة نحويًّا؛ إذ تسنى للقراء محاولة تخمين الكلمة غير الصحيحة، كشكل من أشكال التدريب.[21] يبدو أن الموجة P600 تعكس الاستيعاب الداخلي للمخ للصياغة النحوية السليمة (ما هو صحيح نحويًّا وما هو غير صحيح) وللتعقيد النحوي (ما يتطلب مزيدًا من المعالجة). وتتغير هذه المدركات ديناميكيًّا مع تكشف بقية الجملة التي تمثل المثير.[22]

هل من الصحيح أساسًا أن نتحدث بشأن «التصورات الداخلية» للقواعد النحوية؟ ألا ترد البنية النحوية للكلمات والجمل مصحوبة بمدخلات؟ يُعرَّف الصواب النحوي بأنه سمة موضوعية للجمل. وفي نظريات النحو وبناء الجملة، بمجرد أن يتحدد التكوين الشكلي والتمثيلات الأساسية، يمكن للمرء أن يحدد (تأسيسًا على معايير موضوعية) ما إن كانت الجملة صحيحة نحويًّا أو غير ذلك. من المفترض أن الجملة The Broker Hoped to Sell the Stock Was Sent to Jail غير صحيحة نحويًّا بالنسبة لأي نظرية نحوية مقبولة في اللغة الإنجليزية. لكن المخ لا يتفق دائمًا مع طرق تصنيف نظريات النحو والبناء للجمل؛ إذ يمكن للمخ أن ينظر إلى جمل صحيحة نحويًّا باعتبارها غير صحيحة والعكس صحيح. ويعود السبب في هذا جزئيًّا إلى أن أشكال الجمل ومعانيها لا ترد مصحوبة بمدخلات؛ فما يُعطى هو مجرد موجات صوتية ترتطم بأغشية طبلة الأذن أو فوتونات ترتد من شبكية العين. ويحدد المخ البنى النحوية استجابة لمثيرات حسية بغرض محدد، ألا وهو استرجاع المعنى المقصود الأكثر منطقية.

ثمة فرضية عمل تنص على أن بـ «إمكان» المخ توليد تفسيرات لكل كلمة في سلسلة المدخلات، مسترشدًا في كل خطوة بمعرفته بالقواعد النحوية. غير أن المخ لا يفعل ذلك بالضرورة باعتباره أسلوبًا نمطيًّا يتبعه. عوضًا عن ذلك، يعالج النظام كل كلمة معجمية (أسماء، أفعال، صفات، وغير ذلك) في محاولة لإعادة إنشاء المعنى الأكثر أرجحية للعبارة أو الجملة، في ضوء المعلومات الخلفية أو السياقية. تتجلى هذه العملية جزئيًّا من خلال موجة الاستجابة N400 ؛ فالكلمات المعجمية التي لا تتلاءم دلاليًّا مع السياق، أو المعرفة المسبقة، أو الجزء السابق من الجملة يمكن أن تزيد سعة الموجة N400. بعد ذلك يمكن أن يقارن المخ التمثيلات الدلالية الناتجة مع تحليل لسلسلة المدخلات، ليتحقق ما إن كان المعنى المعاد إنشاؤه يتسق مع التركيبة النحوية للجملة. فإن لم يكن كذلك، فقد تُستثار الاستجابة P600. ويترتب على ذلك إمكانية إنتاج الاستجابة P600 أيضًا حين تكون الجملة سليمة نحويًّا لكنها لا تتسق مع المعنى الذي توحي به الكلمات المعجمية.

على سبيل المثال، The hearty Meal Was Devouring the Kids (بمعنى «الوجبات الدسمة تلتهم الأطفال») هي جملة مقبولة من حيث الصياغة النحوية؛ فلا توجد نظرية واحدة من نظريات النحو يمكن أن تسمها بأنها غير صحيحة نحويًّا. تبدو المشكلة هنا أن الفعل «يلتهم» لا يتوافق مع الفاعل الجامد؛ فالوجبات الدسمة لا تلتهم الأطفال ولا أي شيء آخر. ولو أخذ المخ القواعد النحوية باعتبارها أمرًا مسلمًا به، فسيعالج هذه الجملة حينها باعتبارها شاذة على المستوى الدلالي، وينبغي حينها أن نرى الاستجابة N400 لدى سماع كلمة «يلتهم». لكن تبيَّن أننا نجد الاستجابة P600 عوضًا عن ذلك.[23] فلمَ حدث هذا؟ التفسير الوارد لما يحدث في هذه الحالة أن المخ يحسب معنًى محتملًا للجملة حيث يلتهم الأطفال الوجبة، متجاهلًا بصورة مؤقتة الإشارات النحوية (اللاحقة ing)، ويحدث هذا في إطار الاستجابة N400. غير أن المخ سرعان ما سيرصد تضاربًا بين هذا «التفسير الجذاب» والبنية النحوية الفعلية للمدخلات؛ وينعكس هذا من خلال الاستجابة P600. أي إننا أمام عملية بناء دلالي بالاقتران بين الدال والمدلول (N400) تتبعها عملية تدقيق داخلية للواقع تستخدم المعلومات النحوية المستقاة من المدخلات بصورة فعالة (P600).

إحدى وظائف المعالجة النحوية تقييد التمثيلات الدلالية التي يحسبها المخ ذاتيًّا بناءً على معاني الكلمات المعجمية أو كلمات المحتوى.

إذا كان هذا الرأي صحيحًا، فهذا يعني أن القواعد النحوية لا ترشد بالضرورة عملية التفسير الدلالي خطوة بخطوة؛ فقد لا تكون القواعد النحوية سابقة للدلالات وتشكلها. وفي ذلك قلب للقاعدة الشهيرة لتصبح: «الدلالات تأتي أولًا، ثم القواعد النحوية.»[24] فمن وظائف المعالجة النحوية تقييد التمثيلات الدلالية التي يحسبها المخ ذاتيًّا بناءً على معاني الكلمات المعجمية أو كلمات المحتوى. وبناءً على ذلك، ستكون القواعد النحوية آخر مراحل عملية معالجة اللغة، حسبما يشير زمن الاستجابة للموجة P600. وهذا هو الاستنتاج الذي يمكن استخلاصه من دراسات الجهود المرتبطة بحدث بشأن الترتيب النسبي للعمليات اللغوية. بالطبع قد تكون هناك عمليات نحوية مبكرة أيضًا. في واقع الأمر، تُظهر أبحاث الجهود المرتبطة بحدث أن انتهاك القيود النحوية على مستوى الكلمات (على سبيل المثال، شكل الكلمة أو فئتها) يمكن أن يعدِّل مكون الحيود السالب المبكر في المنطقة الأمامية اليسرى من الدماغ، بحيث يتوافق زمنيًّا على نحو تقريبي مع الجانب الذي يرتفع فيه

الجهد من الموجة N400.[25] لكن لا توجد أدلة على أن التركيب النحوي للعبارات والجمل يعالج أولًا في الدماغ، بما يجعل له الأسبقية في التحليل ويجعله يشكل التفسير الدلالي.[26] غير أن النحو يمكن أن يضطلع بدور بارز في إنتاج اللغة. في هذا الدور، يمكن للنحو أن يقوم مقام واجهة اتصال ضرورية بين المعنى والصوت، ليعيد بذلك اكتساب الوظيفة الأساسية التي يضطلع بها في النظريات اللغوية. ولم يصدر الحكم بعد بالنسبة إلى كثير من المسائل الأخرى في مجال اللغويات العصبية، وهذه المسألة أيضًا.

الفصل الثالث

تعيين اللغة في حيز الدماغ

تهدف اللغويات العصبية إلى تتبع جذور اللغة في الدماغ. وكخطوة تمهيدية، قد يتطلب هذا تعيين العمليات اللغوية في زمن الدماغ وحيزه. فما هي شبكات الدماغ المسئولة مسئوليةً مباشرة عن العمليات اللغوية؟ ومتى تشارك تلك الشبكات في مهمة بعينها؟ ثمة استعارة تشبيهية مشهورة ظهرَت في مطلع العقد الأول من هذه الألفية تشبه النشاط القشري بـ «فيلم سينمائي». لو أن بإمكاننا إعادة إنشاء ذلك النوع من الصور الزمكانية التفصيلية لما يحدث في عقول الناس حين ينطقون اللغة أو يفهمونها أو يتعلمونها، فسنكون في موضع يُخول لنا الإجابة عن أعمق أسئلة اللغويات العصبية. أليس كذلك؟

كتب جيري فودور مقولة شهيرة نصُّها: «إن كان نشاط المخ يحدث في حيز فعلًا، فإنه يحدث في مكان ما شمالي الرقبة. بمَ تفيد معرفة كم يبعد هذا المكان شمالًا؟»[1] في واقع الأمر، قد لا يكون واضحًا ما نعلمه فعلًا حين نعلم أن جزءًا معينًا من المخ «يضيء» حين ينجز الناس مهمة ذهنية. لكن ما هذا إلا لأن من السهل كثيرًا أن نتسرع ونفترض أن خريطة زمكانية لنشاط المخ هي في حد ذاتها الإجابة التي نبحث عنها. لكنها ليست كذلك. إن الهدف الحقيقي من اللغويات العصبية هو التطرق إلى الأسئلة المتعلقة بالبنى والآليات. وإمكانية التطرق إلى هذه الأسئلة من دون الإجابة على الأسئلة المتعلقة بتوقيت ومكان حدوث العمليات اللغوية أولًا أمر مستبعد. فتعيين موقع حدوثها خطوة أولى ضرورية.

في الفصل الثاني أوضحت الأهمية البالغة للإجابة عن الأسئلة المتعلقة بتوقيت حدوث العمليات اللغوية. فحين نعرف ما إن كانت العمليتان «أ» و«ب» تحدثان بالتوازي أو بالتسلسل، وبأي ترتيب، فإننا نكتسب بذلك معلومات بشأن البنية التي يقوم عليها النظام، وهي خطوة أولى نحو فهم النظام من حيث الأسباب والآليات. لكن ماذا عن الأسئلة المتعلقة بموقع حدوثها داخل المخ؟ لننظر إلى العملية اللغوية «أ»: ما الذي نتعلمه من اكتشافنا أن المنطقة أو الشبكة «ج»، مثلًا، تنشط بفعل العملية «أ»، وليس المنطقة

«د» أو المنطقة «و»؟ لن نتعلم الكثير، إن كنا لا نعلم إلا القليل بشأن وظائف المنطقة «ج»، لكننا قد نتعلم أشياء أكثر إن كنا نعرف المزيد عن الأدوار التي تضطلع بها المنطقة «ج» في العمليات الإدراكية الأخرى. لذا، على سبيل المثال، قد نكتشف أن الأسماء التي تشير إلى أشياء جامدة، مثل «كرة» أو «شوكة»، تسبب استثارة جزئية للمناطق نفسها التي تنشط عند رؤية تلك الأشياء أو عند استخدامها. هل من المحتمل أن تكون معاني الكلمات قائمة على المعرفة المفاهيمية والواقعية بالشيء؟ تلك هي نوعية الروابط التفسيرية التي يمكن طرحها واختبارها باستخدام بيانات تصوير الدماغ.

تدخل كل منطقة من المناطق الأرقى في المخ على الأرجح في عدة وظائف عقلية. وهذا ما يجعل نهج التعيين المكاني للغات واعدًا بصورة خاصة. فيمكننا معرفة الكثير عن معالجة اللغة في المخ فقط من خلال دراسة الوظائف الأخرى التي تؤديها المناطق القشرية التي ترتبط في العادة بالكلام واللغة، مثل منطقة بروكا أو منطقة فيرنيك (انظر الفصل الأول). بعد ذلك يمكننا محاولة وضع قاسم مشترك بين الوظائف المختلفة التي تنفِّذها المنطقة أو الشبكة «ج»، ثم نحاول تفسير العمليات اللغوية في إطار معالجات تلك القواسم المشتركة الأساسية. وهذا الأمر يستبعد احتمال وجود مناطق في المخ ذات تخصص وظيفي ومناطق مخصصة للغة؛ أي مناطق لا تتولى إلا أمر اللغة دون أي شيء سواها. والأمر ليس كذلك. لقد ظهرت اللغة حديثًا (بعض الشيء) في تاريخ التطور البشري، ربما من خلال معالجة دوائر عصبية موجودة مسبقًا على الأرجح.[2] وهذا تحديدًا ما يجعل مشروع التعيين المكاني للدماغ مثيرًا للغاية وجديرًا بالجهد. فلو كانت هناك منطقة واحدة أو بضع مناطق من الدماغ مخصَّصة بالكامل للحديث أو اللغة، لما عرفنا الكثير من اكتشافنا لموقعها بالتحديد في المخ. في الواقع، ما كان ليفيدنا في شيء معرفة «كم يبعد شمالًا».

> يمكننا معرفة الكثير عن معالجة اللغة في المخ فقط بدراسة الوظائف الأخرى التي تؤديها المناطق القشرية التي ترتبط في العادة بالكلام واللغة.

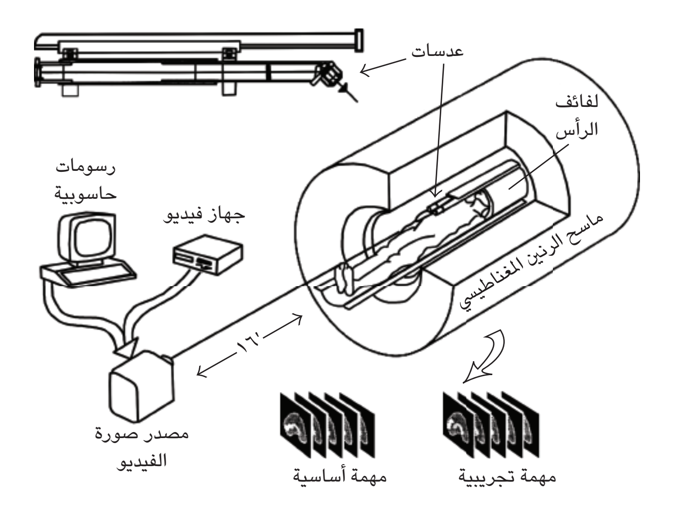
التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي

يمكن أن نستمد معلومات عن الأجزاء النشطة من الدماغ من الاختبارات الفسيولوجية العصبية الشائعة، مثل تخطيط كهربية الدماغ. لكن في تلك الحالات، عادةً ما تكون هناك مشكلة عكسية بغيضة تتمثل في وجود عدد لا يُحصى رياضيًّا من أشكال المصادر

العصبية في المساحة الثلاثية الأبعاد من الدماغ، يمكن أن تكون مسئولة عن التأثيرات أو التغيرات الكهرومغناطيسية — الجهود أو المجالات — التي تُرصد على الأقطاب الكهربائية أو المستشعرات في المساحة السطحية الثنائية الأبعاد. تخيَّلْ قبة ورقية شفافة يوجد تحت سطحها بعض المصابيح التي تضيء وتطفئ مع مرور الوقت. ثمة بقعة ضوء صغيرة مستديرة على القبة يمكن أن تكون نتاج انعكاس هالة ضوئية منتشرة صادرة من مصباح قريب منها، أو حزمة ضوئية أضيق من مصدر ضوء أقوى يقع على مسافة أبعد، أو يمكن أن تكون التأثير المجمع لعدة حزم ضوئية متقاربة. هنا يكون تحديد المصدر المادي لبقعة الضوء أمرًا صعبًا. فنطاق الإجابات المحتملة شاسعة. وهذا ما يجعل تحديد موقع مصدر التغيرات في تخطيط كهربية وتخطيط مغناطيسية الدماغ أمرًا صعبًا، ما لم يكن هناك توقعات مسبقة بشأن المكان الذي يمكن أن تتولد فيه هذه التغيرات في الدماغ. على سبيل المثال، تتولد الجهود السمعية الأولية المرتبطة بحدث في القشرة السمعية. وهذه المعلومة تقيِّد مجال البحث لينحصر في عدد أقل من الإجابات. لكن بالطبع كلما زادت المعلومات حول المصادر القشرية الممكنة، قلَّت الاستفادة من إثبات أن تغيرًا ما في تخطيط كهربية أو تخطيط مغناطيسية الدماغ على فروة الرأس يتمركز فعلًا في هذه المنطقة. إن اكتشاف المخططات المكانية للعمليات المعرفية — في مقابل العمليات الإدراكية والحركية — أمرٌ ممكن لكنه صعب عمومًا باستخدام بيانات تخطيط كهربية ومغناطيسية المخ.

تسمح أدوات مثل التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي والتحليل الطيفي الوظيفي (التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء القريبة) لعلماء الأعصاب بقياس نشاط المخ مباشرة في حيز الدماغ الثلاثي الأبعاد، ليقضوا بذلك تمامًا على المشكلة الصعبة، المتمثلة في تعيين نتائج القياسات على الحيز الثلاثي الأبعاد على الأسطح الثنائية الأبعاد لتحديد مصادرها العصبية. إن ما يمكننا قياسه باستخدام التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي ليس النشاط العصبي في حد ذاته، ولا حتى التغيرات الكهرومغناطيسية المرتبطة به — كالمجالات أو الجهود الموضعية أو المنتشرة — بل الأيض العصبي.[3] فنشاط الخلية في الدماغ يغذَّى بالجلوكوز والأكسجين اللذين يمدها بهما تدفق الدم. ويؤدي النشاط العصبي إلى استهلاك موضعي متزايد للأكسجين. حتى التغيرات الطفيفة التي تطرأ على مستويات الأكسجين في الدم يمكن رصدها في التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي. ففي تجربة نموذجية، يستلقي المشارك في وضع التسطح بداخل ماسح ضوئي بالرنين المغناطيسي (وهو عبارة عن مغناطيس يتم التحكم فيه بواسطة الكمبيوتر) بينما ينتبه

إلى المثير وإلى مهمة يؤديها (الشكل ٣-١). تستخرَج صور وظيفية وتشريحية من إشارات رنين مغناطيسي مختلفة على مدار جلسة تجريبية. ويتم الحصول على صور لنشاط المخ في مهمة تجريبية (تشتمل على بعض التلاعب بالمثير) مقارنة بنشاطه في مهمة أساسية. يحسَب الأيض العصبي أثناء القيام بمهام محددة عن طريق طرح النشاط الأساسي (خط الأساس) من النشاط التجريبي، ويمكن إنشاء صور بصرية له عن طريق تراكب الصور الوظيفية الناتجة على الصور التشريحية. تظهر خطط مناطق النشاط تلك في شكل صور ملونة تظهر فيها بعض مناطق الدماغ مضيئة فيما تظهر مناطق أخرى مظلمة. في الواقع، تُعتبر بيانات التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي خرائط مكانية سلسة تسمح لنا بأن نستنتج (بصورة احتمالية وغير مباشرة) أي المناطق كانت أقل أو أكثر نشاطًا في الثواني القليلة التي تلت عرض المثير. وتُستخرج أنواع متنوعة بصورة متزايدة من البيانات من إشارات الرنين المغناطيسي، مما يوفر أدلة وإشارات ليس فقط عن مناطق الدماغ النشطة، لكن أيضًا عن الكيفية التي ترتبط بها تلك المناطق عصبيًّا بعضها مع بعض، وكذلك كيفية تمثيل أنماط التنشيط للمعلومات.



شكل ٣-١: التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي. المصدر: أعيدت طباعتها بإذن من إي أيه ديو، وبي بانديتيني، وجيه نيتز، ودي ميلر، وبي وينانز، «التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي للمخ البشري»، دورية «جورنال أوف نيوروساينس ميثودز» الطبعة ٥٤ (١٩٩٤): ص ١٧١–١٨٧.

هل توظف اللغة المخ بأكمله؟

كتب عالم النفس والفيلسوف ويليام جيمس في كتابه الكلاسيكي بعنوان «مبادئ علم النفس» (١٨٩٠) يقول: «يعمل المخ بأكمله، بطريقة أو بأخرى، لدى المرء حين يستخدم اللغة.» فهل كان جيمس محقًّا، أم كان في حديثه مبالغة؟ كان جيمس بصدد إصدار نقد لأطروحة التموضع الوظيفي الراديكالية القائلة بأن «ملَكة الكلام» توجد في العقل وفي «مركز للكلام» في الدماغ، وهي فكرة تطرَّقنا إليها في الفصل الأول، صيغت في الأساس على يد جال ودافع عنها بروكا. عرف جيمس من أعمال فيرنيك وآخرين أن قدراتنا على إنتاج الكلام وفهمه ترتكز على شبكات من المناطق القشرية، وليس على مركز واحد. وتضم شبكة الكلام في الدماغ منطقتَي بروكا وفيرنيك، على الترتيب، في القشرتين الصدغيتين العلوية اليسرى والسفلية اليسرى، كما تضم روابط تشريحية بينهما، إلى جانب عدد من المناطق الأخرى التي تساهم بطرق عديدة في الكلام واللغة. نتذكر، على سبيل المثال، أن فيرنيك وليشتهايم أدركا أن المفاهيم أو المعاني تُختزن في أنحاء القشرة الدماغية؛ أي إنها نظام موزَّع بالمصطلحات الحديثة. وإن صح ذلك بالنسبة إلى اللغة المنطوقة، فإنه يصح أيضًا بالنسبة إلى اللغة بصفة عامة، كاللغة المكتوبة، ولغة الإشارة، وما إلى ذلك.

من التحديات التي تواجه الأبحاث القائمة على التصوير أن المهام اللغوية تتسبب في تنشيط أجزاء كبيرة من القشرة المخية الحديثة، بل بعض البنى تحت القشرية الأقدم من القشرة المخية الحديثة بالتعبير التطوري. لقد كان جيمس محقًّا، «بطريقة أو بأخرى»، وتؤكِّد أبحاث التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي هذا عند كل منعطف. تعتمد اللغة على شبكات واسعة النطاق، وذلك لسببين مهمين. أولهما أن اللغة متعددة الوسائط، كما رأينا في الفصل الثاني. فالمدخلات التي نتلقاها أثناء الحديث المباشر نادرًا ما تقتصر على المدخلات السماعية (الكلام)، وكثيرًا ما تشمل المدخلات البصرية. أضف إلى ذلك أن الكلام رغم أنه وسيلة شائعة، فإنها أبعد من أن تكون الوسيلة الوحيدة للتواصل اللغوي. فالنصوص والإشارات نظامان آخران نستخدمهما لتجسيد الأفكار بغرض التواصل. ويمكن لعدة أنواع من الإيماءات أن ترافق الكلام، لتقدم في بعض الأحيان معلومات تضيف محتوًى فعالًا إلى الرسالة المعبَّر عنها لفظيًّا. في العموم، يحدث الخطاب في بيئات حسية غنية، ويتطلب التفاعل التواصلي أن يقدِم كلٌّ من المستمع والمتحدث على اتخاذ إجراءات من نوعيات مختلفة؛ كالتحدث والغناء والإيماء.[4] فماذا يعني هذا ضمنيًّا بالنسبة إلى اللغة في حيز الدماغ؟ لا يمكننا أن نعلق آمالنا على اختزال اللغة في الدماغ في شبكة

واحدة تنفِّذ عمليات حوسبة مجردة من النوع الذي تتصوره النظريات الشكلية للغة. كذلك توظف اللغة أنظمة حسية وإدراكية (السمعية والبصرية والحسية الجسدية على سبيل المثال)، وأنظمة إجرائية (مثل التحكم التنفيذي والحركي والإدراك الاجتماعي) وأنظمة أخرى غيرها.

النقطة الثانية أننا حتى لو نظرنا إلى الجانب الإدراكي من الأمور فحسب، نجد أن اللغة تستند على أنظمة المعالجة والتحليل بما يتجاوز البنية النحوية (انظر الفصل الأول والثاني). وتلعب العمليات الفونولوجية والدلالية دورًا محوريًّا، إضافة إلى التفكير للتوصل لتفسيرات والتفكير انطلاقًا منها (الاستنتاج المنطقي والبديهي؛ تذكَّر مثال القهوة من الفصل الثاني)، وفحص محتويات التفسيرات (لطرح أسئلة حين ندرك أن ثمة معلومات ناقصة على سبيل المثال)، وكثير من عمليات التعلم والتذكر (كترميز معنى كلمة جديدة وتخزينه) وغير ذلك الكثير. توظف هذه العمليات شبكات لا تنتمي إلى الأنظمة الحسية أو الحركية، لكن عمليات التنشيط تتوزع على نطاق واسع عبر الفصوص الجبهية والصدغية والجدارية.[5] ومن الصعب — أو من العبث على حد اعتقاد البعض — أن نحاول وضع خط فاصل بين العمليات الحوسبية اللغوية «الجوهرية» (علم وظائف الأصوات والنحو وعلم الدلالات) والعمليات الداعمة لها، كالاستنتاج والتعلم والتذكر. فثمة فرضية عمل تنص على أن اللغة تعتمد على عدة شبكات دماغية. فهي ليست بنظام مفرد (على عكس الرؤية)، بل نظام يتكون من مجموعة من الأنظمة، يوظف شبكات مختلفة، اعتمادًا على المهمة والمعلومات المقدَّمة والموارد الداخلية المتاحة.

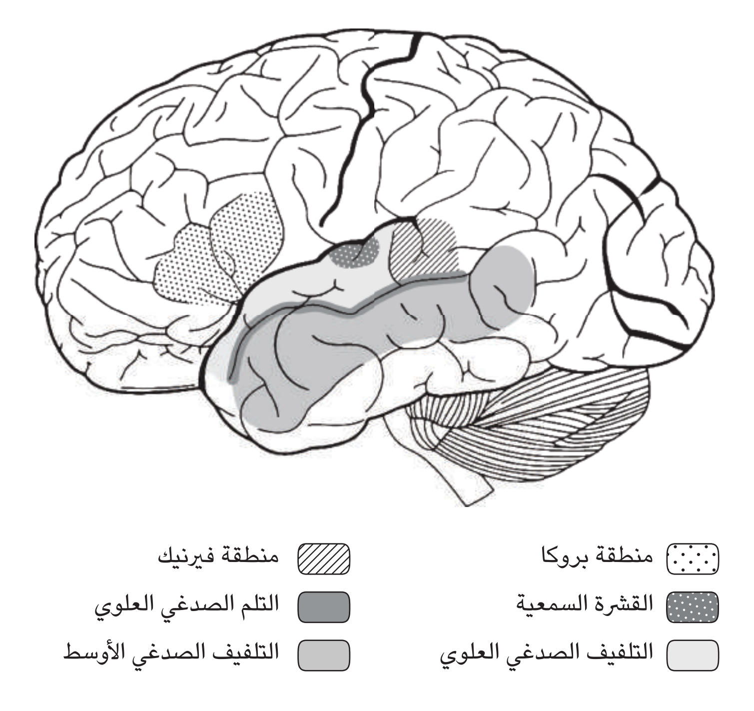
عن الشبكات البريسلفية للغة

هل هناك مجموعة من مناطق الدماغ توظف في فهم اللغة وإنتاجها بغضِّ النظر عن المهمة أو المعلومات المقدَّمة أو الموارد المتاحة، على نحو يُعتمد عليه؟ ثمة شبكة قشرية تنخرط بقوة عبر الظروف المتغيرة في تجارب اللغة قد تستحق لقب «شبكة اللغة». في هذا المقام، من المهم ألا نفكر في إطار مناطق الدماغ الضرورية والكافية للغة. فهذه بالأحرى مسألة تتعلق بـ «استمرارية التنشيط»؛ فنحن نسأل إن كانت هناك مجموعة من مناطق الدماغ «تضيء» باستمرار على مدار عدة تجارب مختلفة، وقد يكون من المتوقع أن تنشط أيضًا في التجربة التالية. وقد تبيَّن أن هناك كتلة كبيرة من المناطق القشرية حول شق سيلفيوس — ذلك التلم العميق الذي يفصل الفص الصدغي عن الفص الجبهي

— تستوفي هذا الشرط. أحيانًا ما يُطلق على هذا الجزء من المخ «القشرة البريسلفية» أو «الشبكة البريسلفية للغة» (انظر الشكل ٣-٢).[6]

بعض هذه المناطق تكون أنشط عند الاستجابة للكلام، خاصةً منطقة القشرة السمعية وأجزاءً من التلفيف الصدغي العلوي، ومن بينها منطقة فيرنيك التقليدية. وتشكل هذه المناطق معًا نظامًا يترجم المدخلات السمعية إلى تمثيلات فونولوجية للكلام من خلال استخدام الكلمات الفونولوجية ومكوناتها باعتبارها وحدات التحليل ذات الصلة وكذلك التمثيلات اللغوية (المجردة والمقولية).[7] تحوي القشرة الصدغية العليا دوائر كهربية متخصصة في معالجة الكلام المسموع، يبدو أنها منظمة بالطريقة نفسها لدى البشر وبعض أنواع الرئيسيات الأخرى.[8] وثمة أدلة متزايدة على أن جوانب مختلفة من المدخلات السمعية — ويتضمن ذلك الكلام (المفهوم) — يجري تحليلها في عدة مناطق فرعية من التلفيف الصدغي العلوي في نصفَي الدماغ كليهما.[9] وكان يُعتقد فيما مضى أن منطقة فيرنيك — الجزء الخلفي من التلفيف الصدغي العلوي — تُعد عاملًا حاسمًا في إدراك الكلام وفهمه؛ أي إنها جزء من نظام استقبال الكلام. وقد ألقت دراسات أحدث بظلال الشك على هذه الفكرة. فقد رصِدت عمليات التنشيط التي تحدث استجابة للكلام في أجزاء من القشرة الصدغية العلوية (الشكل ٣-٢) حول القشرة السمعية وأمام منطقة فيرنيك. ويبدو أن هذه المنطقة الأخيرة أكثر تدخلًا في عملية واحدة محددة تؤدي إلى إنتاج الكلام؛ وهي عملية استعادة المادة الفونولوجية من أجل التعبير عنها لفظيًّا.[10]

عادةً ما تنشط الأجزاء الوسطى والخلفية من التلفيف الصدغي الأوسط والتلم الصدغي العلوي استجابة للمثيرات اللغوية السمعية أو المكتوبة أو الإشارية. وأحيانًا ما تمتد عمليات التنشيط تلك إلى الخلف وإلى الأعلى إلى المناطق الصدغية الجدارية، خاصةً منطقة التلفيف الزاوي والفُصَيص الجداري السفلي والجزء الأمامي من الفص الصدغي. بصفة عامة، تنشط القشرة الصدغية الوسطى نتيجة وجود محتوًى (دلالات) أو بنية (البنية النحوية للجملة) في المثير، مع ازدياد قوة التنشيط، كما يحدث على سبيل المثال حين يكون للكلمات عدة معانٍ مترابطة أو غير مترابطة (التجانس أو تعدد المعاني).[11] وغالبًا ما تقوم هذه المنطقة من الدماغ بتمثيل المعلومات المعجمية؛ لا سيما المعلومات المتعلقة بالخصائص النحوية والدلالية للكلمات، فيما يرجح أن الأجزاء العلوية والسفلية المجاورة من القشرة الصدغية تعمل باعتبارها واجهات ذات أنظمة فونولوجية وإملائية على الترتيب.[12] ينشط التلفيف الصدغي الأوسط الخلفي أيضًا حين يستقبل المتحدثون



شكل ٣-٢: مناطق الكلام واللغة في القشرة البريسلفية اليسرى. المصدر: أعيد طباعتها بتصريح من بي جيه موناهان، «المعرفة الفونولوجية وفهم الكلام»، دورية «أنيوال ريفيو أوف لينجويستكس ٤» (٢٠١٨): ص ٢١–٤٧.

بلغة الإشارة جملًا لغوية إشارية، مما يشير إلى أن التمثيلات التي تنطوي عليها تلك الجمل غير مرتبطة برموز فونولوجية أو إملائية، ومستقلة عن الشكل الذي تعرض به المعلومات المُستقبلة.[13] وتعتبر هذه المنطقة من بين المولدات العصبية للاستجابة N400، وهو ما يتسق مع الفرضية القائلة بأنها تمثل المعلومات الدلالية المعجمية التي يمكن تنشيطها سريعًا لدى التعرف على الكلمة.[14] وقد دخلت أجزاء أمامية من الفص الصدغي؛ لا سيما في النصف الأيسر من الدماغ، في معالجة دلالات الكلمات المجردة، وفي أنماط من الدمج المفاهيمي بين الكلمات المعجمية (على سبيل المثال الدمج بين اسم وصفة).[15] وهذه النتائج تتسق مع الدور الذي يضطلع به الفص الصدغي باعتباره جزءًا من نظام الذاكرة الدلالية أو التقريرية في المخ، وربما كان له دور مباشر في معالجة وتحليل جوانب التركيب اللغوي والمعنى.

ثمة منطقة أخرى مهمة وظيفيًّا من الشبكة البريسلفية اللغوية، وتُعَد المنطقة «الأهم» حسبما يرى البعض، وهي منطقة بروكا التي غالبًا ما تُعتبر مناظرة للأجزاء الخلفية والوسطى من التلفيف الجبهي السفلي في النصف الأيسر من المخ؛ إذ يتلاقى الجزء الخلفي منها مع باحة بروكا الاعتيادية وتتداخل مع الموضع المتضرر عند مريضي بروكا (انظر الفصل الأول). أحيانًا ما يُستخدم المصطلحان «منطقة بروكا» و«عقدة بروكا» للإشارة إلى كتلة من التلفيف الجبهي السفلي الأيسر أكبر من باحة بروكا. ولا تُستخدم أيٌّ من هذه التسميات باستمرار بصفة خاصة في أدبيات اللغويات العصبية. وكان هذا مصدر لشيء من الالتباس والتناقض في الدراسات المنشورة. ففي النماذج الكلاسيكية للكلام واللغة، بدءًا من فيرنيك وحتى جيشويند وعلماء آخرين من بعدهم (مزيد من التفاصيل في الفصل الرابع)، كان يُنظر إلى باحة بروكا على أنها جزء من الشبكة المسئولة عن إنتاج الكلام، وذهب البعض إلى أنها تدخل في المراحل النطقية التي تسبق إعداد وتنفيذ البرامج الحركية للكلام. وتُعَد باحة بروكا منطقة مثالية لإنتاج الكلام، أيضًا بموجب قربها من فص الجزيرة والروابط الواصلة بينهما، وكذلك القشرة أمام الحركية، التي توفر مدخلات للقشرة الحركية الأولية، ذلك الجزء من الدماغ المتحكم في تنفيذ الحركات الجسدية.[16]

أكَّدت الدراسات القائمة على التصوير إلى حد كبير هذه الفكرة عن باحة بروكا تحديدًا، لكن هذه الدراسات أيضًا وسَّعت فهمنا لوظائف القطاعات المتاخمة لها من التلفيف الجبهي السفلي الأيسر؛ أي «منطقة بروكا» بوجه عام (الشكل ٣-٢). فتشير هذه الدراسات إلى أن منطقة بروكا تنشط أثناء إنتاج الحديث وفهمه، وبالطبع أثناء إنتاج اللغة وفهمها، بغضِّ النظر عن وسائل تقديم المدخلات أو المخرجات، سواء أكانت إشارية أو مكتوبة أو منطوقة. ويبدو أن تنشيط هذه المنطقة يعتمد على سلامة الصياغة النحوية أو درجة تعقيد المدخلات أو المخرجات (إلى جانب عدة أبعاد، تتضمن الأبعاد البنيوية والدلالية)، ويبدو أن هذا التنشيط عادة ما يقترن بنشاط في مناطق أخرى من القشرة البريسلفية، في مناطق صدغية خلفية محددة.[17] وهذا الاقتران الجبهي الصدغي — والتفاعلات الوظيفية بصفة عامة بين منطقة بروكا ومناطق أخرى — يكون مدعومًا إلى حد كبير بأنماط معقدة من الروابط التشريحية، وهي حزم ألياف المادة البيضاء التي تربط بين منطقتين متباعدتين من القشرة الدماغية. وبواسطة هذه الروابط يمكن للمناطق القشرية التواصل بعضها مع بعض وأداء عمليات المعالجة التي تفضي إلى الإدراك والسلوك.[18]

تعيين اللغة أم اللغويات؟

إن تعيين اللغة في حيز الدماغ وزمنه خطوة أولية ضرورية نحو تقديم تفسيرات لكيفية تمثيل البشر للغة ومعالجتهم لها وتعلمها في إطار الآليات العصبية والبيولوجية. ويُعتبر دور اللغويات النظرية — أي الدراسة الشكلية للبنى والتراكيب اللغوية — مثار جدل كبيرًا في هذا المسعى. فلكي ندرس «كيف» يمثِّل المخ اللغة ويعالجها، علينا أن نحدد «ما» يجري تمثيله ومعالجته. من المفترض أن النظرية اللغوية توجه استقصاءات اللغويات العصبية. وإن صح ذلك، فإن أفضل نهج لتعيين موضع اللغة في الدماغ هو محاولة تحديد بنًى وعمليات معينة تطرحها النظريات اللغوية. نظريًّا، ينبغي استخدام البنى والعمليات التي تطرحها كل النظريات اللغوية أو معظمها في المجال، أو البنى والعمليات التي لها نظائر مطابقة لها أو قريبة منها بين مختلف النظريات.

حقق هذا النهج نجاحًا كبيرًا في مجالَي علم الأصوات وعلم وظائف الأصوات، حيث يوجد توافق كبير على الوحدات الأساسية لعملية التمثيل؛ ويقصد بذلك السمات التي تشكِّل الفئات المجردة للأحرف الساكنة وأحرف العلة الفردية. في التحليل المعياري الذي يعود إلى رومان ياكوبسون ونيكولاي تروبيتسكوي، تُعرف وحدات الكلام الأولية بأنها «سمات متمايزة»، كموضع انضغاط الهواء وهو في طريقه للخروج (الشفتين على سبيل المثال)، وما إن كانت الأحبال الصوتية تهتز. وقد أظهرت سلسلة من التجارب باستخدام تسجيلات مباشرة من السطح القشري أن مثل هذه السمات الصوتية مشفَّرة في عدة مناطق فرعية من التلفيف الصدغي العلوي،[19] بصيغة تبدو ثابتة إلى حد كبير فيما يتعلق بالكثير من الظروف المؤثرة على إدراك الكلام (تذكَّر الفصل الثاني). لقد أصبحت مواقع اللبنات الأساسية للصوتيات الآن شبه محددة في حيز المخ، لكننا لم نتوصل بعد إلى التفاصيل كافة. لكن ماذا عن الجوانب الأخرى للغويات؟

كانت محاولة ربط العمليات اللغوية الشكلية بعمليات ذهنية محددة أقل نجاحًا بكثير لكنها كانت مفيدة. على سبيل المثال، حاولت الدراسات ربط عملية «الدمج» في الأشكال الحديثة من القواعد النحوية التوليدية (وهي العملية التي تشكل عنصرًا نحويًّا جديدًا من عنصرين نحويين، على سبيل المثال، تكوين جملة «بالون أحمر» من كلمتَي «بالون» و«أحمر») بالنشاط في أجزاء من التلفيف الجبهي السفلي الأيسر.[20] لكن اقتُرح وجود عمليات مشابهة في أطر أخرى (إن لم يكن على المستوى الشكلي، فعلى مستوى تنبؤات المعالجة التي تقوم بها)، كعملية «التوحيد»، التي تنطوي أيضًا على تجميع

أجزاء من تراكيب نحوية في شكل وحدات أكبر استنادًا إلى قيود محددة. وقد ثبت أن عملية التوحيد في مجالَي النحو والدلالات يدخل فيها أجزاء من التلفيف الجبهي السفلي الأيسر.[21] في بعض الفرضيات، يُسند إلى هذه المنطقة من الدماغ وظيفة نحوية أكثر تحديدًا (كالحركة على سبيل المثال)،[22] بينما في نماذج أخرى تعمل هذه المنطقة كدعامة للذاكرة قصيرة المدى دعمًا لعملية معالجة الجمل.[23] ولا تزال «المعركة القائمة حول منطقة بروكا» محتدمة، لكن يجدر بنا أن نشير إلى أن هذه المنطقة من المخ — مثلها مثل مناطق أخرى — ليست مخصصة للغة أو البناء النحوي، وعلى الأرجح أنها تؤدي مجموعة من الوظائف.[24]

في علم الدلالات، يبحث الباحثون عن التلازمات في عملية تكوين المعنى، تلك العملية المدفوعة نحويًّا التي تجمع عادة بين المسانيد وأطراف الفعل لتشكِّل تعبيرات قابلة للتفسير منطقيًّا: على سبيل المثال، دمج كلمتَي «تضحك (x)» و«آن» لتصبح «تضحك (آن)» لتكوين الجملة «آن تضحك». لكن حتى الآن ثبت أن عملية تكوين المعنى عملية محيرة ومن الصعب استكشافها بمعزل عن العمليات النحوية والدلالية أخرى.[25] وقد تم ربط جوانب منطقية وتداولية من عملية فهم اللغة بوظيفة الشبكات الجبهية الجدارية، ما قدَّم في بعض الحالات روابط تفسيرية جديدة بين اللغة والمجالات المعرفية الأخرى؛ على سبيل المثال، المحددات الكمية (مثل كل، وبعض، ومعظم، وقليل من) والحجم أو القدر ومعالجة الأرقام، أو الاستدلال التداولي والإدراك الاجتماعي.[26] أما اللغة المجازية، مثل الاستعارات، فهي جانب آخر كان محل اهتمام وتركيز مؤخرًا، مع تزايد عدد التحليلات اللغوية وتجارب التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي.[27] إن اللغويات العصبية تخطو أولى خطواتها الصغيرة نحو فهم الكيفية التي يشغِّل بها المخ «البرمجيات» التي يصفها اللغويون النظريون.

الفصل الرابع

نماذج اللغة في الدماغ

لماذا ينشئ العلماء نظريات ونماذج عن العالم؟ ألا تكفينا نتائج الملاحظات والتجارب لفهم الكيفية التي تجري بها الأمور؟ أحيانًا يمكن أن تكون كافية، لكن غالبًا ما تكون الأنظمة التي نهتم بها أكثر تعقيدًا وديناميكية من أن نستطيع إدراكها بمجرد معالجة البيانات، حتى لو كانت قدراتنا على القياس والملاحظة معززة بأحدث التقنيات. في العلوم، عادة ما يتحقق الفهم عن طريق نوع من البناء النظري، يمكن أن يتمثل في أي شكل ما بين مجموعة مصغرة ومكثفة من المعادلات الرياضية وبين محاكاة حاسوبية لعملية معينة. ويمكن للبيانات التجريبية أن تقدم المعلومات اللازمة لتوجيه النظرية في الاتجاه الصحيح. لكن هذا يؤتي ثماره على أفضل وجه عند الاستعانة بالنظرية لتوجيه الملاحظات والتجربة، بحيث يمكن الإجابة عن أسئلة غاية في التحديد. وينخرط العلماء بشكل أساسي في وضع النظريات وإنشاء النماذج، وعلى حد التعبير البليغ للفيلسوف باز فان فراسين «التجريب هو الاستمرار في إنشاء النظريات بأساليب أخرى.»[1]

تُعنى اللغويات العصبية أيضًا بتطوير النظريات، ويُقر معظم علماء اللغويات العصبية بأن البيانات التجريبية ينبغي على الأقل أن تضطلع بالدور المذكور أعلاه. غير أن المخ أحبط حتى الآن أفضل جهودنا لصياغة نموذج له. إنه بيئة حاسوبية عجيبة، لا يماثله أي شيء صمَّمه البشر (تأمل — أو بالأحرى لا تتأمل — الكمبيوتر الرقمي). ولهذا الأمر عاقبتان رئيستان. الأولى أن البحث الاستكشافي عادة ما يلقى تقديرًا في اللغويات العصبية. ففي بعض الأحيان لا تكون هناك نظرية متاحة يمكن أن توجه عملية التجريب والنمذجة، أو ربما تكون النظريات الموجودة غير قابلة للتطبيق لأسباب متعددة ومختلفة. حينها يكون من المنطقي إجراء تجارب محكومة تطرح أسئلة عامة ومفتوحة يمكن للنظريات الناشئة أن تستند إليها. وقد اكتشفت الاستجابتان N400 وP600 (انظر الفصل الثاني)،

على سبيل المثال، بهذه الطريقة. واستنادًا إلى ذلك النهج، يمكن على الأقل وضع إجراءات قوية يمكن الاستعانة بها في التجارب المستقبلية. وثمة اكتشافات مثمرة يمكن أن تحدث خارج النطاق النظري؛ فقد ازدهرت اللغويات العصبية بناءً على هذه الاكتشافات على مدار فترة زمنية طويلة.

أما العاقبة الثانية المترتبة على التعقيد الذي يتسم به المخ، فهي أن إنشاء نماذج أو نظم محاكاة تمثِّل الهيكل السببي والدور الوظيفي للعمليات العصبية المهمة — والذي غالبًا ما يتم بطريقة مبسطة ومثالية — يكون أسهل بكثير من تلخيص آليات عمل النظام في مجموعة مكثفة من المعادلات. في اللغويات العصبية — وكما هو الحال في مجال علم الأعصاب بصفة عامة — عادةً ما يكون للنمذجة المادية الملموسة الأولوية على النظرية المجردة. وهذا يسهِّل الفهم من خلال تمثيل أو وصف العمليات الذهنية عند مستويات وسطى أو دنيا من التحليل، يتم عندها تحديد البنى المعرفية والخوارزميات والآليات الخاصة بالعمليات الذهنية. وتصمم النماذج اللغوية العصبية بحيث تظل قريبة من البيانات، ويكون من السهل تعديلها بناءً على الأدلة. تتسم مثل هذه النماذج بالمرونة بطبيعة تصميمها، وهو ما يُعَد ميزة وعيبًا في آنٍ واحد؛ فالنماذج اللغوية العصبية التي تكون أسهل في إصلاحها تكون أيضًا أصعب في نقدها ورفضها.[2]

اللغويات، واللغويات النفسية، واللغويات العصبية

كيف يمكن إنشاء نماذج للغة في الدماغ أصعب في تغييرها في مواجهة البيانات الجديدة، بحيث يمكننا أن نتعلم ليس من هذه البيانات فحسب، بل أيضًا من إخفاقات النموذج؟ تتمثل إحدى طرق تحقيق ذلك في تضمين نماذج اللغويات العصبية — التوصيفات السببية لما يحدث في المخ ومتى يحدث ومكان حدوثه أثناء معالجة اللغة — في نظريات شكلية تغطي مستويات متعددة من التحليل. في علوم اللغة، تتوافر المستويات ذات الصلة مباشرة من خلال اللغويات (مستوى البنى الفونولوجية والنحوية والدلالية التي يخزنها المخ أو يبنيها لحظيًّا)، واللغويات النفسية (مستوى البنية والخوارزميات التي يستخدمها المخ بفاعلية في إنشاء البنى والتراكيب اللغوية)، واللغويات العصبية (مستوى الآلية العصبية الحيوية التي تشغِّل هذه الخوارزميات).[3] نحن في حاجة إلى نظريات لغوية دقيقة ومنطقية من الناحية المعرفية لوصف الخوارزميات التي قد يستخدمها المخ لتوجيه عملية اكتشاف الآليات القشرية المسئولة عن العمليات المعرفية. ولا بد أن تقيد النظريات

والنماذج عند كل مستوًى نظيرتها عند كل مستوى آخر؛ إذ يتعين أن تكون جميعها مترابطة. وهذا يجعل من التعديل التدريجي للنظريات والنماذج بفعل نقاط البيانات الشحيحة أمرًا أصعب بكثير. فالاتساق الداخلي مهم بقدر أهمية الكفاءة التجريبية، وقد تُنتقد النظريات وتُرفض بسبب إخفاقها في استيفاء أيٍّ من هذين المعيارين.

> في اللغويات العصبية — كما هو الحال في مجال علم الأعصاب بصفة عامة — عادة ما يكون للنمذجة المادية الملموسة الأولوية على النظرية المجردة.

لنتأمل بعض القيود الجوهرية التي تفرضها اللغويات النظرية واللغويات النفسية على النماذج اللغوية العصبية قبل أن نناقش بتفصيل أكبر بعضَ النماذج المتاحة حاليًّا في المجال. وأستخدم فهم اللغة مثالًا على ذلك فيما يلي. من المتطلبات الأساسية أن المخ لا بد أن يعيِّن معنًى للمدخلات (وعلى الأرجح أن علماء اللغة من كل مذهب قد يتفقون معي في هذا المقام)، باستخدام معرفته بمعاني الكلمات على الأقل، وأيضًا باستخدام البناء النحوي والمعلومات المتاحة من مصادر خارجية عن المتحدث وعن السياق وعن أهداف المحادثة. لا يزال نوع المعلومات اللغوية أو غير اللغوية التي يمكن استخدامها في عملية إنشاء المعنى موضوعًا مفتوحًا للبحث، لكن يمكن على الأقل وضع خريطة لمجال الاحتمالات. يمكن أحيانًا أن تستمر عملية الفهم بناءً فقط على معاني الكلمات المعجمية في المدخلات (الأسماء والأفعال وما إلى ذلك) والمعرفة بالطرائق المنطقية التي يمكن أن تدمج بها الكلمات (انظر الفصل الثاني)؛ أي يمكن للأنظمة الدلالية أن تعالج المعنى ذاتيًّا.[4] ومن وجهات نظر أخرى، تُستخدم معلومات القواعد النحوية وجوبًا لاستنباط التفسيرات، مثلما تتطلب النظريات في الدلالات الشكلية. السؤال إذن هو كم يبلغ مقدار النحو الذي يدخل في عملية التفسير.

ثمة سؤال آخر، وهو كيف يمكن للمخ أن يتجاوز معنى الكلمات والعلاقات الدلالية المنطقية، إن لم يكن من خلال معالجة البنية النحوية. يُعَد السياق أحد العوامل البارزة في هذا الصدد. لقد قدمت اللغويات نماذج شكلية للكيفية التي تنتقي بها فئات بعينها من التعبيرات الإحالية أوقاتًا وأماكن محددة (على سبيل المثال، الزمان والمكان الراهنان)، ومن ثَم تربط المعنى بسياق الكلام. كذلك صار من المفهوم جيدًا الآن كيف يمكن للكلمات المختلفة أن تكون لها إحالات مشتركة في الكلام، مثل الجمل الاسمية وضمائر الإحالة كما في: «الرجل يملك قطة. هو يطعمها كل يوم.» علاوة على ذلك، عادة ما يكون الاستدلال

المنطقي أو التداولي مطلوبًا لاستعادة المعنى المقصود؛ فينبغي تفسير السؤال «أيمكنك أن تغلق الباب؟» باعتباره طلبًا بغلق الباب، وليس سؤالًا حول قدرة المستمع على فعل ذلك. أخيرًا، تزخر اللغة بالمعاني الدلالية، الأمر الذي يتخطى سعة نظرية تركيبية (المعاني الأساسية + البناء النحوي)؛ فالتعبيرات الاصطلاحية والاستعارات وأشكال الكلام الأخرى متغلغلة في استخدام اللغة.[5] فبأي شكل تقيد هذه الرؤى المستقاة من علم اللغويات النماذج اللغوية العصبية؟ ينبغي للغويات العصبية أن تفسِّر الآليات العصبية التي لا تدعم التركيب النحوي والدلالي للكلمات في الجمل فحسب، وإنما تفسير الكلام في سياق معين، وكذلك استنباط المعنى المجازي أو التداولي المقصود.

ينبغي أن تكون النماذج اللغوية العصبية أيضًا مقيدة بالنتائج المستمدة من اللغويات النفسية، التي تتمتع بإرث ثري من البحث النظري والتجريبي، سابقًا في ذلك كلًّا من اللغويات الحديثة (الشكلية) واللغويات العصبية.[6] فهو مجال شديد التنوع من الناحية المنهجية، ولَّد بعضًا من أقوى الاكتشافات والنتائج في علم النفس البشري ككلٍّ. وهناك أربع مجموعات من النتائج مهمة للغاية في هذا المقام، توضح معًا بنية المخ والخوارزميات التي تدعم عملية معالجة اللغة.

أولًا: لا تُسترجع الكلمات ومعانيها من الذاكرة باعتبارها أجزاءً منفصلة من المعلومات. بل تكون بنًى موزَّعة يمكن لتنشيطها أن يكون حساسًا لخصائص الكلمات نفسها (على سبيل المثال، مدى تكرارها في اللغة)، وعلاقاتها بالكلمات الأخرى، والمعلومات المتاحة بالفعل في السياق. وهذا يجعل عملية معالجة معنى العبارة أو الجملة أو الكلام متوقفة على الموقف وبنية الذاكرة البشرية الطويلة المدى.

ثانيًا: يتسم فهم اللغة بالتراكمية التدريجية؛ إذ يتكشَّف مع ورود المدخلات، كلمة تلو الكلمة أو حتى وحدة صرفية (مورفيم) تلو الأخرى. وبناءً على ذلك، يمكن للنظام أن يتخذ قرارات أو يرتبط بالتزامات قد يكون من الضروري مراجعتها في مراحل لاحقة؛ على سبيل المثال، يمكن تحليل جملة The Horse Raced the Barn Fell (وتعني «الحصان الذي تسابق عابرًا الحظيرة سقط») باعتبارها جملة بسيطة مبنية للمعلوم حتى نصل إلى الاسم Barn (حظيرة)، لكن الفعل fell (سقط) يقتضي ضمنيًّا إعادة تحليل الجملة بحيث تكون عبارة Raced the Barn عبارة وصل، باعتبار أن الفعل Fell هو الفعل الأساسي للجملة وليس Raced.[7] وتحدث عملية إعادة المعالجة بصورة روتينية عبر مستويات الشكل والمعنى اللغويين.

ثالثًا: تتعرض عملية معالجة اللغة لمؤثرات من مصادر المعلومات الداخلية أو الخارجية المتعددة الوسائط التي تساهم في إنشاء المعنى أو توضيحه (على سبيل المثال، الإدراك البصري؛ انظر الفصلين الثاني والثالث). وعادةً ما تستخدم هذه المعلومات بمجرد أن تصبح متاحة، بالاستفادة من المعالجة المتوازية التفاعلية في الدماغ.

رابعًا: تمثيلات المعاني المبنية لحظيًّا تكون جيدة بما يكفي لتحقيق الفهم، لكنها غالبًا ما لا تكون ثرية ومفصَّلة مثل البنى التي تفترضها نظريات البناء النحوي أو الدلالات. كذلك قد تُستخدم المعلومات الفونولوجية والصرفية والنحوية في عملية الإنشاء، لكن قد يُتخلص منها بمجرد إنشاء المعنى والاستقرار عليه.[8] ينبغي استخدام هذه القيود المنبثقة من بحوث اللغويات واللغويات النفسية على الأقل — وربما من بحوث أخرى غيرها — لبناء النماذج الحالية للغة في الدماغ وتقييمها. وفيما يلي أعرض بإيجاز ثلاثةَ نماذج كانت هي الأكثر تأثيرًا في السنوات الأخيرة.

النماذج الحالية للغة في الدماغ

تُعتبر النماذج الكلاسيكية للغة في الدماغ — التي وضعها جال وبروكا (إن كانت الفرضيات الأولى الخاصة بالتموضع الوظيفي في الدماغ تُعَد نماذج) وفيرنيك وليشتهايم وآخرون — محدودة على الأقل من حيث افتقارها إلى واحد أو أكثر من مكونات عملية المعالجة التي تجمع الكلمات والمعاني في تمثيلات نحوية ودلالية للعبارات والجمل والحديث. فعلى مدار معظم القرن التاسع عشر، كانت الرؤى اللغوية الأساسية ناقصة إلى حد كبير، وعلى مدار معظم القرن العشرين وحتى وقتنا هذا، وعلى الرغم من التقدم المحرَز في العلوم الشكلية، ثبت أن من الصعب استخدام الرؤى والنظريات الخاصة باللغويات النظرية للكشف عن الكيفية التي يعالج بها المخ الشكل والمعنى اللغويين بناءً على مدخلات حسية. بعبارة أخرى، لم يكن متوقعًا وجود صعوبة في نقل المعرفة من مجال اللغويات إلى علم الأعصاب واستخدام هذه المعرفة لاكتشاف حقائق جديدة عن تنظيم اللغة في الدماغ، وذلك باستثناء بعض المجالات اللغوية المحدودة (لا سيما علم الأصوات وعلم وظائف الأصوات؛ الفصل الثالث). رغم ذلك، حاول ثلاث على الأقل من الفرضيات الراهنة القيام بذلك تحديدًا: استخدام بعض من أفضل الرؤى المتاحة من علم اللغويات لتسليط الضوء على البيولوجيا العصبية للغة.[9]

الفرضية الأولى هي نموذج وضعته أنجيلا فريدريتسي، يضطلع فيه علم النحو وبناء الجملة بدور حيوي.[10] والفكرة النظرية التي انطلق منها هذا النموذج هي النسخة الأحدث من قواعد النحو التوليدية، التي تُشتق فيها البنى النحوية عبر التطبيق المتكرر لعملية واحدة، وهي عملية «الدمج» (انظر الفصل الثالث). تأخذ عملية الدمج وحدتين نحويتين، مثل الكلمتين «أزرق» و«سماء»، وتضعهما معًا في وحدة نحوية جديدة أكثر تعقيدًا، لنقل إنها الجملة الاسمية «سماء زرقاء». تتطلب عملية الدمج آلية إضافية لإنتاج التمثيلات النحوية لجمل اللغات الطبيعية، مثل خوارزميات لوسم كل وحدة نحوية منهما بالجزء من الكلام الخاص به (على سبيل المثال، اسم، صفة) ولترتيب الوحدات النحوية المدمجة (فالدمج لا ينتج إلا مجموعات غير مرتبة). على سبيل المثال، قد يختلف ترتيب الصفة والاسم في العبارات الاسمية بين مختلف اللغات (Blue Sky في الإنجليزية في مقابل Cielo Blu في الإيطالية). في نموذج فريدريتسي، ينفذ الجزء الخلفي من التلفيف الجبهي السفلي الأيسر (منطقة برودمان ٤٤، أو الوصاد الجبهي) عملية الدمج، فيما قد تدخل مناطق جبهية وصدغية أخرى في تنفيذ العمليات النحوية الإضافية اللازمة.

يُفترض أن منطقة الدمج في التلفيف الجبهي السفلي الأيسر تدعم عملية إنشاء التركيب النحوي في وقت مبكر من عملية الفهم. وتُعتبر فريدريتسي من المؤيدين لفرضية النحو أولًا، حيث تُنشأ البنية النحوية قبل المعنى (تذكَّر الفصل الثاني). على المستوى التشريحي، تُعَد هذه المنطقة الأساسية لبناء الجملة جزءًا من شبكة أوسع تشمل أيضًا مناطق من الفص الصدغي الخلفي الأيسر، تتصل معًا بحزم من المادة البيضاء تمتد ظهريًّا في شكل قوس صاعد يمتد ليشمل المناطق الصدغية والجبهية. ولنموذج فريدريتسي صلات وثيقة بفرضيات لغوية عصبية مؤثرة أخرى، كفرضيات أندريا مورو ويوسف جرودزينسكي وآخرين غيرهما، بشأن الدور الذي تضطلع به القشرة الجبهية السفلية اليسرى في المعالجة النحوية للغة.[11]

الفرضية الثانية هي نموذج العناصر الثلاثة التي وضعها بيتر هاجورت، الذي يفترض وجود ثلاثة عناصر قشرية لنظام اللغة: عنصر الذاكرة، الذي يحتوي على التمثيلات المعجمية (الفونولوجية والنحوية والدلالية) للبِنات بناء اللغة (المورفيمات أو الوحدات الصرفية، والكلمات، والتراكيب)؛ وعنصر التوحيد، الذي يعمل بمنزلة بيئة عمل نشطة تدمج فيها لبنات البناء تلك معًا بالتوازي عبر مستويات مختلفة من التمثيل اللغوي؛ وأخيرًا عنصر المراقبة، الذي يشرف على العمل المشترك بين عنصرَي الذاكرة والتوحيد في استخدام اللغة (مثل تبديل الأدوار في المحادثة والتبديل بين اللغات لدى

ثنائيي اللغة).[12] ينفذ عنصر الذاكرة في مناطق الفص الصدغي (الأيسر)؛ لا سيما في الأجزاء الوسطى والخلفية منه. وينفذ عنصر التوحيد في التلفيف الجبهي السفلي الأيسر؛ إذ يدخل الجزء الخلفي منه في التوحيد الفونولوجي، والجزء الأوسط في التوحيد النحوي، والجزء الأمامي في التوحيد الدلالي.[13]

تنتج عملية التجميع اللحظي المباشر لتركيب لغوي معقَّد من التفاعل الديناميكي بين عنصرَي الذاكرة والتوحيد، أي بين المنطقتين الصدغية والجبهية. تدخل مناطق أخرى من خارج الشبكات اللغوية البريسلفية التقليدية — مثل القشرة الجبهية أمامية الوسطى والقشرة الجدارية السفلية — في عملية التفسير في إطار أوسع، ينطوي أيضًا على الاستدلال أو اشتقاق المعنى المجازي أو التداولي.[14] يتطلب مكون التوحيد، على المستوى الوظيفي، نسخ المعلومات المعجمية من عنصر الذاكرة وإتاحتها دومًا بمرور الوقت، وإلا فلن يستطيع عنصر التوحيد أن يولِّد تمثيلًا متسقًا لمعنى الجملة أو الحديث، الذي يمتد عادة ليشمل عدة كلمات؛ ومن ثَم يمتد عدة ثوانٍ أو أكثر. ولآلية النسخ أهمية خاصة. فاللغة تتألف من رموز (حالات أو «نسخ») لأنواعٍ معجمية مخزنة في الذاكرة. وقد تتكرر الكلمات في الحديث كما في جملة «النجم الصغير يقع بالقرب من النجم الكبير». هنا استخدِم نوع الكلمة نفسه «نجم» بالمعنى نفسه مرتين، باعتبارهما رمزين، للإشارة إلى نجمين مختلفين في سياق كل عبارة اسمية: «النجم الصغير» و«النجم الكبير». ولكي نتجنب الخلط بين هذين المدلولين، يتعين على المخ أن يفرق بين الأنواع والرموز، وأن يعيِّن تلك الرموز إلى ما يناسبها من مدلولات.[15] ويمكن لعملية الدمج وعنصر التوحيد أن يعملا على الرموز بصورة مباشرة. ونحن في حاجة لمزيد من البحث لتحديد الكيفية التي تتولد بها تلك الرموز من الأنواع وكيفية تعيينها لمدلولاتها.

فرضية أخرى من الفرضيات المهمة في اللغويات العصبية تتمثل في نموذج المسار الثنائي لجريجوري هيكوك وديفيد بويبل. يعتبر هذا النموذج في الأساس نموذجًا لعملية معالجة اللغة المنطوقة التي لها تداعياتها على اللغة في الدماغ على نحو أعم.[16] يفترض النموذج وجود مجريين لمعالجة اللغة في الدماغ يدعمان الكلام واللغة. يتوافق كل مجرى مع شبكة قشرية معينة مع تمتعه بدرجة من الاستقلال الوظيفي. فيقوم المسار البطني المزدوج — الذي يسري منخفضًا عبر الفصوص الصدغية — بمعالجة إشارات الكلام من أجل الفهم. أما المسار الظهري المتمركز في الجانب الأيسر — الذي يصل القشرتين الصدغية العليا والجدارية الصدغية بالقشرة الجبهية السفلية الخلفية اليسرى، ومن المحتمل أن

يتضمن باحة بروكا التقليدية — فيدعم إنتاج اللغة المنطوقة وتطور النطق (المزيد حول ذلك في الفصل الخامس). يربط المسار البطني تمثيلات الصوت (علم الأصوات) والمعنى (علم الدلالات)، بينما يقدِّم المسار الظهري واجهة حسية حركية تصل بين الصوت وبرامج الحركة النطقية. وقد خضع نموذج المسار الثنائي إلى التحسين والاختبار الشامل عن طريق التجارب، ويتمتع الآن بدعم تجريبي كبير.

ثمة اختلاف بين نموذجَي فريدريتسي وهاجورت يتعلق بالدور الذي يضطلع به التلفيف الجبهي السفلي الأيسر، خاصة القطاعات المقابلة لباحة بروكا التقليدية. وفقًا لهيكوك وبوييل، تدعم هذه القطعة من القشرة عملية معالجة الكلام واللغة كدعامة للذاكرة تنشط عند الحاجة إلى حفظ المعلومات وإتاحتها مباشرة مع مرور الوقت. يشبه هذا إحدى وظائف القشرة الجبهية السفلية اليسرى في نموذج هاجورت، لكن هذا التشابه يتوقف عند هذا الحد. فيفترض كلٌّ من هاجورت وفريدريتسي أن هذه المنطقة تجمع المعلومات اللغوية في وحدات أكبر حجمًا. وتقصر فريدريتسي عملية الدمج على بناء الجملة، بينما يوسع هاجورت نطاق التوحيد ليشمل علم الأصوات وبناء الجملة والدلالات على حد سواء. إذن أين تعالج البنى اللغوية والمعاني المعقدة من منظور هيكوك وبوييل؟ ليس في القشرة الجبهية، ولكن في الفص الصدغي الأمامي، باعتباره جزءًا من المسار الظهري.[17]

النماذج الارتباطية والشكلية والآلية

تتميز جميع النماذج الثلاثة التي عرضتها — بل معظم النماذج اللغوية العصبية الحديثة — ببنًى وأهداف متشابهة. فهذه النماذج تعين وظائف مختلفة لمناطق أو شبكات مختلفة من المخ، بهدف تفسير سبب نشاط هذه المناطق أو الشبكات، سواء في دراسات التصوير المغناطيسي الوظيفي أو تخطيط مغناطيسية الدماغ أو في دراسات أخرى، استجابة لمثيرات أو مهام بعينها، وكذلك السبب في احتمال ارتباط خسارة وظائف لغوية بعينها بأضرار تصيب مناطق أو شبكات معينة في الدماغ (المزيد بشأن ذلك في الفصل الثامن). وما هذه إلا بداية لا أكثر. قد يتفق الكثيرون في المجال على أن هذه التفسيرات غالبًا ما تكون ارتباطية إلى حد كبير. فلو أن نموذجًا أنشئ على أساس ارتباطات أو تلازمات رُصدت بين المثيرات أو المهام وبين التنشيط العصبي، فلا عجب أنه يستطيع الآن «تفسير» وجود نمط ارتباطي مشابه في التجربة التالية. والفهم الصحيح للارتباطات ضروري من أجل أن تحظى التجربة بطابع الكفاءة التجريبية، لكن ثمة حاجة إلى المزيد. نحن نريد من

نماذجنا أن تحدد عمليات المعالجة الذهنية التي يجريها النظام — على سبيل المثال، ما إن كانت عملية دمج أو توحيد أو شيئًا آخر — وكيف تتطور هذه العمليات الذهنية عصبيًّا. بصيغة أخرى، لا بد من تعزيز النماذج الارتباطية بتحليلات شكلية وآلية على الترتيب.

هناك حاجة إلى نماذج شكلية للعمليات اللغوية التي يمكن (أو لا بد) أن يجريها الدماغ — بالنظر إلى المهمة — من أجل توجيه عملية تحليل البيانات التجريبية المعقدة. فعادةً ما يكون من الصعب أو المستحيل استخلاص ولو صورة تقريبية عما يقوم به المخ من البيانات. وتخفق الأساليب اللغوية العصبية الحالية أيضًا لدى تطبيقها على أنظمة نفهمها جيدًا — من حيث الأجهزة والبرمجيات — كما اتضح مؤخرًا مع معالج دقيق يشغل لعبة فيديو من شركة «أتاري».[18] إن الوضع المثالي في مجال اللغويات العصبية أن يخبرنا علماء اللغويات النظرية أن عملية بعينها (ولتكن عملية تكوين المعنى) ضرورية لحدوث الفهم؛ بعدها يمكن لعلماء اللغويات العصبية إنشاء نماذج تشمل مثل هذه العملية والبدء في استخدام هذه النماذج للبحث عن آثار تلك العملية على المخ. تكمن المشكلة في أن علماء اللغة يختلفون فيما بينهم على ما يجب أن تكون عليه التمثيلات أو العمليات الأساسية، الأمر الذي قد يعلِّق مشروع اللغويات العصبية أو يجبره على أن يكون مشروعًا استكشافيًّا بقدر كبير. ولا أقصد بهذا إلقاء اللائمة على علماء اللغة. فمن الصحيح والمثير للحيرة في الوقت ذاته أن بالإمكان إعادة بناء اللغة البشرية شكليًّا بطرائق مختلفة. لكن يكمن السر في أن نبني على أوجه التشابه والتقارب أو الالتقاء بين النظريات، وأن نستخدم الأفكار والرؤى المشتركة في توجيه البحث؛ على سبيل المثال، لا غرابة في الإشارة إلى أن عمليتَي الدمج والتوحيد تشركان شبكات قشرية متداخلة فيما بينها جزئيًّا. بمجرد أن تتحدد العمليات الأساسية — بعيدًا عن الاختلافات البسيطة بين النظريات اللغوية — يمكن البدء بالبحث عن الآليات اللغوية الفسيولوجية الكامنة وراءها. ويركِّز علماء اللغويات العصبية في الوقت الراهن على آليات للتنشيط المعجمي، والتنبؤ (الفصل الثاني)، والتكوين اللغوي، والإحالة. وفي بعض هذه المجالات، نجد النتائج واعدة للغاية، وتقدم لنا لمحة عن إجابات ذات أسس حيوية للأسئلة المهمة والكبيرة في مجال اللغويات العصبية.[19]

هناك حاجة إلى نماذج شكلية للعمليات اللغوية التي يمكن (أو لا بد) أن يجريها الدماغ — بالنظر إلى المهمة — من أجل توجيه عملية تحليل البيانات التجريبية المعقدة.

الفصل الخامس

نمو شبكات اللغة

يكتسب كل الأطفال تقريبًا لغة واحدة أو أكثر، ويصلون إلى نفس الكفاءة التي يتمتع بها البالغون في غضون السنوات الخمس إلى السبع الأولى من حياتهم. وأكثر ما يدهش بشأن تعلم اللغة ليس سرعة حدوثه — فعملية نمو تستغرق عدة سنوات ليست بالسريعة تمامًا — بل حقيقة أنها تتطلب القليل من الإشراف من البالغين، فضلًا عن التعليمات الصريحة والمحددة، وأن التطور من عدم وجود اللغة إلى اكتسابها ليس خطيًّا وتراكميًّا. ففي عملية إنتاج اللغة لدى الأطفال، قد تختفي بعض أنماط الأخطاء بينما تظهر أنماط أخرى؛ على سبيل المثال، قد يخطئ الطفل في ضبط الأفعال الشاذة في الإنجليزية، كأن يقول breaked بدلًا من broken (بمعنى كسر).[1] بل إن بعض القدرات قد تتطور فجأة، مثل استخدام الكلمات الوظيفية مثل أدوات التعريف أو الضمائر، التي تُحول الكلام من كلام مقتضب يشبه لغة البرقيات إلى كلام إنشائي منظم.[2] غير أن عملية تعلم اللغة تتبع مسارًا متشابهًا إلى حد كبير بين مختلف الأطفال واللغات، مثلما يتجلى في مراحل النمو المألوفة لدى كثير من الآباء والأمهات الجدد.[3]

تشير الأبحاث في مجال علم اللغويات النفسية إلى أن الطفل لا يكون صفحة بيضاء قبل تعرضه إلى اللغة، وأن عملية اكتساب اللغة ليست مسألة تعلم عشوائي من البيانات (أي بالتعرض لكمٍّ ضخم من البيانات واستظهارها). فلو كانت الفرضية الأولى صحيحة، لرأينا قدرًا كبيرًا من التباين بين الأطفال في كيفية اكتسابهم اللغة؛ لا سيما في ماهية المهارات التي تظهر لديهم وتوقيت ظهورها. عوضًا عن ذلك، يجد المرء مسارات نمو مميزة، مما يدل على أن نضج أنظمة المخ يحدد جوانب اللغة التي يمكن للأطفال أو الرُّضَّع تعلمها وتوقيت حدوث ذلك. ولو كانت الفرضية الثانية صحيحة — أن اكتساب اللغة يختزل في التعلم من البيانات — لرأينا منحنيات نمو خطية إلى حد كبير، وكأن

المعرفة تُختزن بصورة تراكمية وطردية، على غرار إضافة عملات معدنية إلى مجموعة من العملات. عوضًا عن ذلك، نجد منحنيات على شكل حرف U (أي تذبذب بين أنماط الصواب والخطأ في استخدام اللغة مع مرور الوقت) وتحولات تتخذ شكل حرف S (بما يدل على تغيرات سريعة من أنماط الخطأ إلى أنماط الصواب في استخدام اللغة) أثناء النمو. ويشير هذا إلى حدوث عملية إعادة ترتيب داخلية غير متواصلة، حيث قد يكون لاكتساب معرفة جديدة تأثير على طريقة تمثيل واستخدام معلومات اكتُسبت من قبل.

إن الفكرة التي نستعرضها في هذا الفصل هي أن الرضع والأطفال الصغار قادرون على اكتساب جوانب معينة من اللغة في مراحل معينة فقط من النمو المعرفي. والساعة التي تضبط وتيرة هذه العملية ليست ساعة خارجية (فالمدخلات اللغوية موجودة طوال الوقت، حتى قبل الولادة)، بل هي ساعة داخلية، تتمثل في عملية نضج المخ ونموه. هذه العملية مقيَّدة جينيًّا (مزيد من التفاصيل عن ذلك في الفصل التاسع)؛ ولذلك فهي متشابهة إلى حد بعيد عند كل الأطفال. يعتقد البعض أن اللغة تتحدد فطريًّا. غير أن فكرة أن المعرفة بالقواعد النحوية يمكن أن تكون مشفَّرة في الجينوم البشري ليست منطقية بيولوجيًّا. وقد يلطِّف البعض من فرضية الفطرة بالقول بأن المخ البشري «مهيَّأ للغة». وهذا أقرب إلى الصواب لكنه ليس صائبًا كليًّا. فلو كان باستطاعتنا تحميل نظام لغة كامل على عقل طفل حديث الولادة، فلن يكون لدينا بالتأكيد عصًا سحرية لنصنع منه متحدثًا طليقًا وقديرًا لتلك اللغة.[4] والسبب في ذلك واضح بديهيًّا، وهو أن جهاز التشغيل (المخ غير الناضج) لن يكون مهيَّأً لتشغيل البرنامج (نظام اللغة المكتمل). لذا لا بد في حالة اكتساب اللغة أن يبرمج النظام كمحصِّلة لمرحلة نمو وتنظيم المخ.[5]

المرحلة الصامتة: فك شفرة الكلام

متى تبدأ عملية تعلم اللغة وكيف؟ قد تدهشك إجابة هذا السؤال: تبدأ هذه العملية بمجرد أن يتمكن الجنين من السمع؛ أي قبل الولادة بعدة أسابيع، مهما كانت الأصوات التي يميِّزها داخل الرحم محدودة. ويمكن للتعرض إلى الكلام قبل الولادة أن يعطي الطفل إشارات بشأن خصائص زمنية محددة للغة المنطوقة، وهي خصائص لا تتغير كثيرًا حين تشوه، كما قد يحدث لها في الرحم. غير أن خبرات ما بعد الولادة — وبخاصة التعرض إلى أصوات الكلام، وهو ما يحدث عادة في سياق اجتماعي — هي ما تسمح للطفل بـ «فك شفرة الكلام».[6] تظهر القدرة على رصد تنغيم الكلام وإيقاعه في الأسابيع الأولى من عمر

الطفل، تتبعها القدرة على تصنيف الوحدات الصوتية (أي تشكيل تمثيلات مجرَّدة لها بصورة متزايدة). في أثناء الأشهر الأولى، يُصبح الرضع حساسين أولًا تجاه الأصوات المتحركة في اللغة التي يتعرضون لها (أو ما ستكون لغتهم الأولى)، ثم إلى الأصوات الساكنة، ثم في النهاية إلى مزيج بين هذا وذاك (المقاطع).[7] وهذه التمثيلات الفونولوجية الناشئة هي نتاج قدرة الطفل على رصد الأنماط في كلام البالغين عن طريق تتبع الأنماط الاعتيادية إحصائيًّا، وفيها تكرار المصاحبة بين الأصوات، واحتمالات الانتقال بين أصوات المدخلات، كالفونيمات الفردية أو المقاطع، ولاحقًا بين الكلمات أو مجموعات الكلمات. فالرضَّع بارعون في التعلم الإحصائي؛ وهذا يمكِّنهم من اكتشاف اللبنات الأساسية ذات المغزى للغة — الفونيمات والكلمات — في دفق من الكلام يتسم بالغموض في مستهله.

إن حقيقة أن المعالجة السمعية المتقدمة يمكن أن تبدأ مبكرًا جدًّا، حتى من قبل الولادة، ثم تنطلق بأقصى سرعة لها في الأسابيع الأولى من عمر الطفل، تشير إلى أن النظام السمعي لدى الرضيع، وربما المناطق المجاورة له في الفص الصدغي العلوي، ينمو بسرعة في فترة ما قبل وبعد الولادة مباشرة. والواقع أن عملية نضج الدوائر السمعية العصبية تنطلق سريعًا جنبًا إلى جنب مع الأجهزة الحسية الأخرى في الدماغ (كالرؤية واللمس، وما إلى ذلك). لكن عملية معالجة الكلام تتجاوز مجرد سماعه. فالمناطق المسئولة عن معالجة الكلام غير السمعي في القشرة الصدغية العلوية الثنائية تنضج في السنوات الثلاث الأولى من العمر، وهي الفترة التي تصبح خلالها هذه المناطق متأقلمة على نحو متزايد مع الأصوات الكلامية للغة الأصلية التي يتعرض لها الطفل. ولا يوجد دليل على اختصاص الشبكة السمعية البشرية في البداية بالكلام، ونحن نتشارك هذه الشبكة إلى حد كبير مع أقرب جيراننا التطوريين (الفصل العاشر).[8]

الرضَّع بارعون في التعلم الإحصائي؛ وهذا يمكِّنهم من اكتشاف اللبنات الأساسية ذات المغزى للغة — الفونيمات والكلمات — في دفق من الكلام يتسم بالغموض في مستهله.

من المؤشرات المهمة على النضج البنيوي للدماغ تخلُّق المشابك العصبية؛ وهي عملية زيادة مؤقتة في إنتاج المشابك العصبية (نقاط الاتصال بين خليتين عصبيتين)، تتبعها عملية تشذيب للوصول إلى مستويات البالغين. تبلغ عملية تخلُّق المشابك العصبية ذروتها في كثير من المناطق الحسية عند عمر ستة أشهر، وفيها القشرة السمعية، وتبلغ ذروتها في مناطق استقبال الكلام عند عمر تسعة أشهر. لدى المرء فرصة محدودة خلال السنة

الأولى من العمر لاكتساب تمثيلات استقبال صحيحة لكل أصوات الكلام الأساسية للغته الأولى. في أثناء هذه الفترة، يلتزم المخ صوتيًّا بلغة واحدة بعينها (على الأقل)، الأمر الذي يجعل من السهل تعلم كلمات (مفردات) تلك اللغة، وذلك من جانب، لكن من جانب آخر يمكن لذلك أن يتداخل مع اكتساب لغات إضافية، خاصة تلك التي تكون ذات صوتيات مختلفة.[9]

يمكن أيضًا أن يُطلَق على السنة الأولى، تزيد أو تنقص بضعة أشهر، اسم المرحلة الصامتة من اكتساب اللغة. فخلال تلك المدة يكون إنتاج أصوات اللغة المنطوقة مقتصرًا على المناغاة. قد يكون الرضيع العادي في تلك الفترة صامتًا (هذا هو ما تعنيه كلمة رضيع باللاتينية Infans)، لكنه لا يكون ساكنًا تمامًا. فإيجاد الكلمات في دفق الكلام من المهام التي يواجهها الرضيع في ساعات استيقاظه. ثمة مهمة أخرى هي البدء في ربط المعنى بالكلمات التي يستخرجها من المدخلات. فتُظهر دراسات حديثة أن الرضيع «يعرف» معانيَ كثير من الأسماء الجامدة (مثل تفاحة أو حذاء) في سن مبكِّرة تتراوح بين ستة أشهر وتسعة. علاوة على ذلك، في السن نفسها تقريبًا، يمكن للرضيع أن يربط بين الكلمات دلاليًّا (على سبيل المثال، «حليب» و«زجاجة» في مقابل «حليب» و«كرة»).[10] في تلك السن تتشكل المفردات داخل أدمغة الأطفال، وتكون هذه العملية مدعومة بنضج الشبكات القشرية الجدارية والصدغية من أجل معالجة الدلالات.[11]

الكلمات والألفاظ الأولى: تعلم الكلام

لنعد قليلًا إلى نموذج المسار الثنائي للغة والكلام الذي وضعه هيكوك وبوبيل (الفصل الرابع). يفترض هذا النموذج وجود مجرى بطني أو سفلي يربط الصوت بالمعنى، منشطًا بنًى من الفص الصدغي في نصفَي الدماغ كليهما، ومجرى ظهري أو علوي يرسم خرائط فونولوجية للتمثيلات الحركية للكلام في القشور الصدغية والجبهية من نصف المخ الأيسر. وكما تشير النتائج التي ناقشناها، تبدأ وظائف المسار البطني — مثل تعلُّم فك شفرة أصوات الكلام وربطها بمعانٍ جديدة — في النمو أثناء الشهور الستة إلى التسعة الأولى من عمر الطفل، وسرعان ما يتبع ذلك نمو لوظائف المسار الظهري.

إن تعلُّم الكلام مهمة حركية في جزء منها، لكنها تستند بصورة أساسية على التمثيلات الحسية المكتسبة مسبقًا لأصوات الكلام. يمكن للطفل في مرحلة المناغاة وما بعدها أن يستخدم هذه التمثيلات لتصحيح وضبط ما ينتجه من أصوات، بحيث تماثل

الأصوات التي يحاول لفظها تلك التي يسمعها من الآخرين أكثر وأكثر. يستخدم المسار الظهري ما تعلمه المسار البطني (صوت الفونيمات والكلمات وما تعنيه) لتعلم شيء جديد (كيفية نطق الفونيمات والكلمات الجديدة). يتسق هذا النموذج مع كثير من بيانات أبحاث النمو العصبي، الأمر الذي يشير إلى أن عملية نضج الدماغ تحدث في الأجهزة الحسية (في المناطق القذالية الصدغية على سبيل المثال) قبل الأجهزة الحركية أو أجهزة التحكم (القشرة الجبهية على سبيل المثال). وقبل أن تتمكن الأنظمة التكاملية الأرقى — مثل المسار الظهري في نموذج هيكوك وبوييل — من استخدام تلك المعلومات، لا بد من تشفيرها أولًا وتنظيمها داخل الأجهزة الحسية والإدراكية.[12]

متى يبدأ الأطفال في إنتاج كلماتهم وألفاظهم الأولى؟ تتطور المناغاة عند سن تسعة أشهر تقريبًا، حين تبدأ القشرتان الحركية وأمام الجبهية المتاخمة لها في الارتباط بصورة فعالة بمناطق الإدراك السمعي والكلامي من الفصوص الصدغية. ينتج الأطفال كلماتهم الأولى عند سن عشرة أشهر إلى اثني عشر شهرًا تقريبًا، ويلفظون عبارات من كلمتين نحو نهاية عامهم الثاني من العمر. وكما هو الحال مع الجوانب الأخرى من عملية اكتساب اللغة، هناك بعض التباين فيما يتعلق بالوقت الذي يكتسب فيه الأطفال هذه المهارات على المستوى الفردي. تُظهر لغة الطفل المنتجة قليلًا من التنظيم النحوي قبل تلك السن، باستثناء ترتيب الكلمات الأساسي، وكذلك تشكُّل الكلمات في بعض اللغات. وبين سن ١٢ و١٦ شهرًا، عادة ما تكون العبارات الملفوظة لدى الأطفال قصيرة، وتشكل الأسماء نحو نصف إجمالي ما يلفظونه. أما النصف المتبقي، فيشمل كلمات مفردة أخرى، كالأفعال والعبارات الأولى المكونة من كلمتين. وبين ١٨ شهرًا و٢٤ شهرًا، تُصبح العبارات المكونة من كلمتين أكثر تكرارًا، وينخفض عدد الأسماء ليشكل ثلث ما يلفظون به. وتشير البيانات القادمة من مشروع «ووردبانك بروجيكت» أن آباء ٢٥ في المائة فقط من إجمالي الأطفال البالغين ١٦ شهر تقريبًا ذكروا أن أبناءهم يدمجون الكلمات معًا.[13] وتزداد هذه النسبة إلى ما يقرب من ٣٠ في المائة مع بلوغ الأطفال ٢٠ شهرًا، وتصل إلى ما يقرب من ٧٥ في المائة ببلوغهم ٢٤ شهرًا من العمر، وتتشابه تلك النسب عبر جميع اللغات.

بناء الجملة والدلالات: نحو بلوغ كفاءة البالغين

بحلول نهاية العام الثاني من العمر، أي بين ١٨ شهرًا و٢٤ شهرًا، يمكن لمعظم الأطفال أن ينتجوا عبارات من كلمتين، وكذلك التواصل بفاعلية مع البالغين باستخدام الكلمات

والإيماءات (كالإشارة وما إلى ذلك) وغير ذلك من التعبيرات. في هذه المرحلة، لا تزال القواعد النحوية لدى الطفل بدائية. على سبيل المثال، يكتسب الطفل في وقت متأخر نسبيًّا — عند سن ١٩ شهرًا تقريبًا — مجموعة من الخصائص النحوية للغات، حتى الأساسي منها، مثل ترتيب الكلمات (مثل ما إن كانت الصفة تتبع الموصوف أم تسبقه، وما إن كان الفعل يتبع مفعوله أم يسبقه)، وذلك وفقًا لإحدى الدراسات.[14] وقد أظهرت بعض الدراسات الحديثة أن حتى الرضع يتتبعون أنماطًا إحصائية في الكلام ترتبط بالبنية النحوية، كإشارات لمواضع الكلمات الوظيفية (كالمحددات والضمائر، التي غالبًا ما تكون أقصر وأكثر تكرارًا من معظم كلمات المحتوى أو الكلمات المعجمية).[15] قد يؤدي التعلم الإحصائي بالفعل إلى اكتشاف خصائص نحوية للكلمات، لكن تلك عملية ممتدة تتضمن التجريد النحوي، الذي بموجبه تمثَّل كل كلمة على حدة كعضو في فئة واحدة أو أكثر من فئات الوحدات النحوية: الاسم، الفعل، الصفة، وما إلى ذلك. ولا يمكن للمعالجة النحوية أن تحدث إلا إذا صُنِّفت الكلمات في فئات، ومعظم الفئات تستغرق وقتًا لكي تظهر. وأول ما يظهر منها هي فئة الأسماء، بداية من سن ١٢ شهرًا، بينما تظهر معظم الفئات الوظيفية لاحقًا، بداية من سن ١٤ إلى ١٦ شهرًا.[16] فالأطفال الذين يبلغون من العمر عامًا واحدًا ما زالوا يستكشفون الفئات النحوية الأساسية في لغتهم.

إليك لغزًا: كيف يستطيع الأطفال الصغار فهم عبارات متعددة الكلمات وإنتاجها (بغض النظر عن عدد تلك العبارات وطولها ومدى تعقيدها) في حين أن القواعد النحوية في أذهانهم بدأت تتشكل لتوها؟ صاغ عالم اللغة راي جاكندوف مصطلح «التكامل اللاتركيبي» للإشارة إلى أنواع العمليات التي قد تكون ذات تأثير في هذا المقام. باختصار، يمكن لمخ الطفل أن يدمج معاني الكلمات معًا حتى ولو لم تكن كل الكلمات مصنفة نحويًّا، أو لم يكن قد اكتسب بعدُ المعرفة بالقواعد النحوية لتكوين المعنى.[17] ويدعم هذه النظريةَ دراساتُ الجهود المرتبطة بحدث، من خلال الإبلاغ عن التغيرات التي تطرأ على الاستجابة N400 لدى الرضع. يمكن للأطفال ربط أو دمج معلومات دلالية قادمة من مثيرات حسية متزامنة أو متداخلة عبر الوسائل الحسية المختلفة (كدمج كلمة سمعية وصورة على سبيل المثال)، وذلك بعمر ٦ أشهر. وتبرز القدرة على ربط المعنى أو دمجه بمرور الوقت بداخل الوسائل وفيما بينها بعمر ٩ أشهر. أما القدرة على ربط أو دمج معاني الكلمات المنطوقة في تتابعات أو في جمل، فتظهر بعمر ١٨ شهرًا على أقصى تقدير.[18] في المقابل، تُظهر الدراسات السلوكية ودراسات التخطيط الكهربي للدماغ أن مهارات معالجة القواعد

النحوية — تحديدًا المهارات المطلوبة لتكوين معاني كلمات في العبارات والجمل استنادًا إلى قواعد بناء الجملة — تتطور فيما بعد، بين عمر ١٨ و٣٢ شهرًا. وتكون عمليات بناء المعنى غير التركيبية متاحة للأطفال قبل اكتسابهم قواعد النحو كاملة.

بدءًا من النصف الثاني من العام الثالث من العمر، وبفضل ظهور المهارات التركيبية والتداولية، وكذا بفضل الزيادة الكبيرة في المفردات، تبدأ كفاءة عملية استقبال اللغة وإنتاجها في الاقتراب تدريجيًّا من كفاءة الكبار. فتصبح العبارات التي يتلفظونها أطول وأكثر تعقيدًا وتنظيمًا من الناحية التركيبية. وتصبح الجمل التي تتكون من أكثر من كلمتين أمرًا عاديًّا حتى عند الثالثة، وكثيرًا ما يستطيع معظم الأطفال في الرابعة من العمر طرح وإجابة الأسئلة. وتجدر الإشارة إلى أن البنية التركيبية الصائبة للأسئلة أبعد ما تكون عن السهولة في كثير من اللغات. في هذه السن، يبدأ الأطفال في سرد الأحداث والتجارب الشخصية (في الماضي) والتعبير بوضوح عن رغباتهم ونواياهم وأهدافهم (بشأن المستقبل). والقدرة على فهم نوايا الآخرين تسمح للأطفال بقراءة الإشارات الاجتماعية منذ وقت مبكر للغاية فصاعدًا. لكن بدءًا من سن الخامسة، يصبح معظم الأطفال قادرين على استغلال هذه المعلومات بفاعلية في التواصل؛ إذ سيفهمون أن ما يُقال لا يكون هو المقصود دائمًا. وكما يعرف أي والد أو شقيق أكبر سنًّا جيدًا، يمكن لطفل في الخامسة أن يكون شريك محادثة رائعًا، يتمتع بقدرة كاملة على تبادل الأدوار بالشكل الملائم وعلى المساهمة في المحادثة على نحو يثريها، بل كثيرًا ما يكون إبداعيًّا. ولم يكن أيٌّ من هذا ليصبح ممكنًا دون نضج المناطق من القشرة الأمام جبهية والجدارية التي تخدم جوانب الإدراك الاجتماعي والتمثيلات المجردة لخصائص الكيانات أو الأحداث (مثل الوفرة والمكان والزمان)، وكذلك دون التكامل الوظيفي لهذه المناطق مع الشبكات البريسيلفية اللغوية الأساسية. على مدار سن المدرسة، لا يحتاج الطفل إلا أن يضفي تعديلات بسيطة على نظام هو موجود في الواقع، وضبطه ليبدو أشبه بلغة الكبار والبالغين. لكن، وكما سنكتشف في الفصلين القادمين، يمكن لتعلم لغة إضافية، وكذلك اكتساب مهارات الكتابة والقراءة، أن يضيف قليلًا من الإثارة.

يمكن لمخ الطفل أن يدمج معاني الكلمات معًا حتى لو لم تكن كل الكلمات مصنفة نحويًّا، أو لم يكن قد اكتسب بعدُ المعرفة بالقواعد النحوية لتكوين المعنى.

الفصل السادس

الدماغ وازدواج اللغة

هناك احتمال يتجاوز نطاق الصدفة أنك أو طفلك أو قريب لك تتحدثون أكثر من لغة واحدة. فغالبية سكان العالم يتحدثون لغتين على الأقل، ونحو ١٠ في المائة من إجمالي السكان يتحدثون ثلاث لغات أو أكثر. قد نطلق على هؤلاء الناس متعددي اللغات إن كانوا يتحدثون عدة لغات بطلاقة. وهذا يجعل أحاديي اللغة أقلية، وإن كانت أقلية كبيرة إذ تبلغ نسبتهم نحو ٤٠ في المائة من الناس. والتحدي الذي يواجه اللغويات العصبية يكمن في تطوير نظريات وأساليب لاختبار النظريات التي تنطبق على كل من يتحدثون بلغة، وليس مجرد أقلية (كبيرة). وهذا هو سبب كون ازدواج اللغة موضوع بحث غاية في الأهمية، ليس في اللغويات العصبية فحسب، بل في علوم اللغة بصفة عامة.

إن دراسة مزدوجي اللغة من الصعوبة بمكان لأسباب عديدة. إن «مزدوج اللغة ليس شخصًا واحدًا بداخله شخصان أحاديا اللغة»، أو بتعبير أدق، لا يتألف نظام اللغة الثنائي من مجموع نظامين من أنظمة الكفاءة والمعالجة معزولين بعضهما عن بعض.[1] فقد تتفاعل اللغات المختلفة بأساليب منهجية لدى الفرد أثناء عملية اكتسابها واستخدامها. ويمكن دراسة بعض هذه التفاعلات عن طريق التجريب، باستخدام أساليب من علم النفس وعلم الأعصاب.[2] ويمكن للتفاعل بين لغتين في دماغ واحد أن يؤدي إلى تأثيرات طفيفة في اتجاهات معاكسة؛ فتعلم لغة واحدة ومعالجتها يمكن إما أن يسهل عملية تعلم لغة أخرى ومعالجتها وإما أن يتداخل معها. وقد تتوقف هذه التأثيرات على عدة عوامل مختلفة، كالتشابه بين اللغتين (إذ يمكن أن تتشابه اللغات فيما بينها وتختلف في عدة أبعاد على صعيدَي الأصوات والقواعد النحوية)، والعمر الذي اكتسب فيه المتعلم كل لغة منهما، ومستوى الإتقان الذي بلغه في كل لغة، وعوامل متداخلة كازدواجية الثقافة (الأمر الذي يمكن أن يُدخل جوانب من التباين الدلالي والمعرفي)، والكثير من

العوامل الأخرى. يمكن أيضًا أن يشكل ازدواج اللغة ميزة هائلة للفرد؛ إذ إن تحدث عدة لغات (وقراءتها وكتابتها) بمثابة هبة في مجتمعاتنا، سواء كان لذلك أيضًا مزايا إضافية لوظائف الفرد الإدراكية أو رفاهه أو لا. ومع ذلك، فإن بلوغ حالة مستقرة من نشاط ازدواج اللغة والحفاظ عليها له تداعيات أكيدة على دماغ الفرد. وتبتغي كلٌّ من اللغويات العصبية واللغويات النفسية فهم التأثيرات العصبية لازدواج اللغة على وجه التحديد.

الفترات الحساسة واكتساب لغة ثانية

رأينا في الفصل الخامس أن الأبحاث تشير إلى أن فرصة الأطفال في اكتساب النظام الصوتي للغة المستهدفة فرصة محدودة. ومحاولة تعلم نظام الأصوات الكلامية نفسه في مرحلة لاحقة من العمر كثيرًا ما تؤدي إلى بطء في التحصيل أو تدنٍّ في مستويات بلوغه، أو إلى كلتا النتيجتين. ويتفق هذا — سطحيًّا على الأقل — مع خبرتنا كمتعلمين للغة ثانية. فمع ثبات كل العوامل والمتغيرات الأخرى، سيحظى الشخص الذي يتعلم لغة إضافية وهو طفل بفرصة أفضل للوصول إلى مستوًى من الإتقان يضاهي ناطقيها الأصليين مقارنة بشخص آخر يشرع في المهمة نفسها وهو بالغ. فما سبب هذا؟ منذ أكثر من خمسين عامًا وعلماء اللغويات العصبية عاكفون على استكشاف الفرضية القائلة بأنه قد تكون هناك فترة حرجة أو حساسة بالنسبة لاكتساب اللغة، وكذا لعدة أنظمة أخرى في الدماغ. والفكرة كالآتي. هناك تلازم بين مرحلة نمو الدماغ وبين مقدار التعلم الناتج إذا ما أتيحت مدخلات بعينها في تلك المرحلة. تتميز الفترة الحساسة بحساسية عالية تجاه تلك المدخلات، كأن تحدُث عملية التعلم بكفاءة أكبر أو بنتائج أفضل، أو كليهما.[3] وتتزامن الفترات الحساسة مع أحداث فسيولوجية عصبية محددة، مثل تكوُّن الخلايا العصبية، أو الزوائد المحورية (الروابط البعيدة المدى بين الخلايا العصبية) أو المشابك العصبية. وعليه ينفتح المخ على البيئة في محاولة منه لتحصيل أكبر قدر ممكن من البيانات ذات الصلة. في أثناء فترات الوفرة المؤقتة في نمو الروابط العصبية، قد تتحدد آليات الدماغ وتصير ذات كفاءة. وبعد ذلك، تقل المرونة العصبية، وغالبًا ما تحدث عملية التعلم ضمن الحدود التي نشأت أثناء الفترة الحساسة.[4]

هل هناك فترة حساسة لاكتساب اللغة؟ من النقاط المنهجية الرئيسية في هذا الصدد أن التطرق إلى إجابة هذا السؤال يمكن أن يكون أسهل في ثنائيي اللغة أكثر من أحاديي

اللغة. ففي النهاية، لم يكتسب أيٌّ منا لغته الأولى وهو بالغ، في حين أن بعضنا يتعلم لغة إضافية في وقت مبكر من العمر، أثناء الفترة الحساسة المزعومة، ويكتسب آخرون لغة أخرى في وقت لاحق من العمر. وهذا التباين بين الاكتساب المبكِّر والمتأخر للغات الإضافية هو تحديدًا ما يجعل اختبار الأفكار بشأن الفترات الحساسة أمرًا ممكنًا. في الواقع، وكما تشير فرضية الفترات الحساسة ضمنًا، فإن ثمة علاقة وثيقة بين السن التي يتعرض فيها الفرد للغة ثانية ومستوى الإتقان الذي يبلغه في تلك اللغة. يمكن تفسير هذه الملاحظة في ضوء التغييرات المصاحبة للنضج التي تؤثر على مرونة المخ، ما يجعل عملية تعلم لغة ما أصعب بعد انقضاء الفترة الحساسة. لكن يمكن أيضًا أن يكون ذلك نتاج القيود المفروضة من اللغة الأولى؛ إذ يمكن للصوتيات الكلامية التي يكتسبها المرء من لغته الأولى أن تكون قد ترسخت بعمق كافٍ في الدماغ بحيث تتداخل مع اكتساب نظام صوتي جديد أو تعوقه، ومن ثَم تعوق اكتساب لغة جديدة. من الصعب — أو ربما من المستحيل — فك التشابك بين هذه الأنواع من التفسيرات. غير أنها تتشارك افتراضًا مفاده أن الخبرة المبكرة — التي تحققها المرونة المبكرة — تحدُّ من قدرات اكتساب النظام الصوتي لاحقًا. وتمثِّل هذه الفكرة نقطة انطلاق نحو تفسير كثير من التأثيرات التي تلحق بالدماغ، التي أشارت إليها اللغويات العصبية في دراستها لازدواج اللغة.

قبل الاطلاع على تلك النتائج، يجدر بنا أن نوضِّح فكرة فترة الحساسية بالنسبة إلى اكتساب اللغات وفكرة أن الخبرة المبكرة كثيرًا ما تقيِّد قدرات التعلم لاحقًا. تعتمد الوظائف المعقَّدة الراقية كاللغة على عدة أنظمة في المخ مستقلة جزئيًّا في معالجة المعلومات البصرية والسمعية والصوتية والتركيبية والدلالية والتداولية. يمكن لهذه الأنظمة أيضًا أن تظهر فترات مثالية مختلفة للمرونة المعززة — ويبدو في واقع الأمر أنها تفعل هذا — تكون فيها المرونة لتعلم لغة أولى أو ثانية — ككلٍّ — مزيجًا من آثار المرونة في كل نظام من هذه الأنظمة إضافة إلى التفاعلات فيما بينها. هنا يصبح من الضروري أن نطرح أسئلة بشأن الفترات الحساسة في كل نظام من هذه الأنظمة بصورة مستقلة؛ ذلك أن «فترات حساسية تعلم اللغات» ما هي إلا اختزال جماعي لهذه الظواهر المتمايزة. وتدعم عدة دراسات الآن وجهة النظر القائلة بأن أوضح آثار التخصص الوظيفي المبكر تتجلى في علم الأصوات الخاص باللغة الأولى، وأنه لا توجد هناك تأثير للفترة الحساسة فيما يتعلق باكتساب الدلالات المعجمية أو الدلالات التركيبية، وأن تأثيرات الفترة الحساسة فيما يتعلق باكتساب القواعد النحوية لا تزال موضع جدل.[5]

الإتقان وعمر التحصيل

حين نلقي نظرة داخل عقول ثنائيي اللغة باستخدام وسائل مثل تخطيط كهربية الدماغ وتخطيط مغناطيسية الدماغ أو التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي، نجد أن أوضح الاختلافات التشريحية والوظيفية بين المشاركين تكون مدفوعة بعاملين: السن التي تكتسب فيها اللغة الثانية، ومستوى الإتقان الذي يبلغه الفرد لتلك اللغة. ثمة تلازم بين هذين العاملين؛ لذا من الصعب الفصل بينهما. فيميل من يتعلم لغة ثانية في وقت مبكِّر من عمره إلى بلوغ مستويات أعلى من الإتقان في طور النضج مقارنة بمن تعلم تلك اللغة في وقت متأخر من العمر؛ ربما لأن الأول ببساطة قد تسنى له وقت أطول مما تسنى للأخير لصقل مهارته في اللغة الثانية. لكن ثمة أساليب لفصل آثار الإتقان عن آثار عمر التحصيل على مقاييس تجريبية؛ على سبيل المثال، من خلال اختيار المشاركين والمجموعات بعناية، وكذلك من خلال استقطاب عينات أكبر بها تباين كافٍ بين المتغيرين كليهما.

تبرز الدراسات الفردية والتحليلات التلوية ثلاثة اتجاهات في هذا الصدد. أولًا: تنشط الشبكة البريسلفية نفسها بصورة نسبية في نصف الدماغ الأيسر بفعل اللغة الأولى واللغة الثانية، أو بفعل لغتين أصليتين، لدى ثنائيي اللغة ممن تعلموهما في وقت مبكر أو في وقت متزامن، وحين يكون هناك تكافؤ في درجة الإتقان بين كلتا اللغتين. ثانيًا: يتسبب الضعف أو التدني في إتقان التحدث باللغة الثانية في عمليات تنشيط دماغي أوسع انتشارًا مقارنة باللغة الأولى، مما يعكس جهدًا ذهنيًّا إضافيًّا في إنتاج اللغة الثانية، ويتسبب في تأثير عكسي يتمثل في مزيد من النشاط المتمركز في عملية الفهم. وتكون هذه الاختلافات أوسع نطاقًا فيما يتعلق بالمعالجة الدلالية المعجمية منها في معالجة النحو والصوتيات، حيث تُظهر بضع مناطق فقط استجابات مختلفة لأيٍّ من اللغتين الأولى أو الثانية. ويؤدي تعلم لغة ثانية في وقت مبكر من العمر إلى زيادة النشاط في الشبكات المتاخمة للقشرات السمعية والحركية، وفيها منطقتا بروكا وفيرنيك التقليديتان؛ فقد يتسبب اكتساب لغة ثانية في وقت مبكر من العمر في معالجة تلقائية أو حسية حركية أكبر مقارنة باكتسابها في مرحلة متأخرة من العمر. ثالثًا: يشكل مستوى الإتقان للغة الثانية عاملًا أكثر بروزًا من عمر التحصيل في تحديد ما إن كانت اللغة الأولى والثانية تنشط مناطق مشتركة أو مختلفة من الدماغ أثناء إنتاج اللغة وفهمها. وبصفة عامة، كلما زاد مستوى إتقان المرء للغة الثانية، ازداد التشابه بين المناطق التي تنشط بفعل اللغة الثانية وتلك التي تنشط بفعل اللغة الأولى.[6]

من المعروف أيضًا أن سن التعرض للغة وعمر التحصيل من العوامل المؤثرة على الطريقة التي تعالَج بها لغة ثانية أو إضافية في المخ. فتُظهر التجارب التي أجريت باستخدام التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي والتخطيط الكهربي للدماغ حدوث استجابات مشابهة في اللغتين الأصليتين لدى ثنائيي اللغة. لكن حال اكتساب لغة ثانية في وقت متأخر من مرحلة الطفولة — من عمر ست سنوات أو أكثر — تبرز أنماط من التنشيط والاستجابات المستثارة لا تشبه — على المستوى النوعي والكمي — تلك الخاصة باللغة الأولى. وتستمر هذه الاختلافات حتى يستقر مستوى الإتقان. لكن في بعض المجالات، كالصوتيات والنحو، يمكن للتعرض للغة واكتسابها في وقت متأخر أن يمنعا المتعلم من بلوغ مستوى إتقان يقارب المتحدثين الأصليين. في تلك الحالات، قد تخفق اللغة الأولى واللغة الثانية في أن تجتمع على آليات عصبية متشابهة، وأن تتشاركا الشبكات البريسلفية نفسها الموجودة في النصف الأيسر من الدماغ. وينزع التنظيم العصبي للغات التي تُكتسب متأخرًا — حين لا يبلغ المرء مستوى إتقان المتحدثين الأصليين في بعض المجالات على الأقل — لأن يظهر استطرافًا أقل (أي تعتمد على جانب من المخ دون الآخر) وأن يعرض تباينًا أكبر بين الأفراد. علاوة على ذلك، سوف يختلف الاكتساب المتأخر والمبكر للغة أيضًا من حيث مشاكل التعلم التي ينبغي حلها. ففي حالة الاكتساب المتأخر للغة الثانية، تكون المعاني قد اكتُسبت بالفعل مع اللغة الأولى؛ ومن ثَم ستقتصر عملية التعلم على ربط الأشكال الصوتية والنحوية الجديدة بالدلالات المعروفة. ومع ذلك وُجد أن التقدم التطوري نفسه من معالجة المعنى إلى معالجة القواعد النحوية المرصود في اكتساب اللغة الأولى موجود في اكتساب اللغة الثانية أيضًا. على سبيل المثال، بيَّن لي أوسترهاوت وزملاؤه أن استجابات الجهود المرتبطة بحدث للتوافق اللفظي بين تصريف الفعل وبين الفاعل في الفرنسية كلغة ثانية (Tu Adores/Adorez le Francais بمعنى «أنت تحب الفرنسية»، حيث الشكل الأول للفعل صحيح بينما الشكل الثاني خاطئ) تحفز المكون N400 بعد شهر واحد من التعليم، والمكون P600 بعد أربعة أشهر، وذلك إذا كان التباين بين المورفيمات مدركًا صوتيًّا. ويشير هذا الاستنتاج إلى أن الجهد المعرفي والذهني المبذول في المعالجة ينتقل تدريجيًّا من التركيز على النظام الدلالي إلى النظام النحوي، وأن اللغة الثانية توظف موارد عصبية تتشابه بصورة متزايدة مع تلك التي توظفها اللغة الأولى.[7]

يمكن للاكتساب المتأخر للغة ثانية أن يؤدي إلى اختلافات بنيوية طفيفة ودائمة في الدماغ. فثمة دراسات حديثة تبين أن من تعلموا لغة ثانية في أثناء سنوات دراستهم بالمدرسة (من عمر ٨ سنوات أو أكبر) يتمتعون بألواح قشرية في مناطق فرعية من

التلفيف الجبهي السفلي الأيسر (تذكَّر الفصلين الثالث والرابع) أكثر سمكًا سواء من أحاديي اللغة أو من ثنائيي اللغة المتزامنين الذين تعلموا لغة ثانية في سنوات مبكرة أو بصورة متزامنة مع تعلمهم اللغة الأولى. ولم تختلف المجموعتان الأخيرتان من حيث سماكة القشرة في أيٍّ من مناطق الدماغ.[8] فقد وجد أحد التحليلات التلوية لدراسات تصويرية أن الجزء نفسه من القشرة — في التلفيف الجبهي السفلي الأيسر — يظهر مستويات وأنماطًا مختلفة من النشاط في اللغة الأولى واللغة الثانية — بغضِّ النظر عن عمر التحصيل — لدى من يتمتعون بمستوى إتقان عالٍ في التحدث باللغة الثانية، وعبر مستويات من البنية اللغوية: الدلالات المعجمية، والصوتيات، والقواعد النحوية.[9] ومن ثَم يمكن أن تكون هذه المنطقة المركزية من شبكة اللغة في نصف المخ الأيسر من المناطق القليلة التي تتواصل فيها الاختلافات، وتستمر بين اللغة الأولى ولغة ثانية لم يتعلمها الشخص بالتزامن مع اللغة الأولى، وذلك على الرغم من التباين في مستويات الإتقان وعمر التحصيل.

التحكم اللغوي وميزة ازدواج اللغة

خلاصة نقاشنا حتى الآن أن اللغتين تميلان إلى تشارك الأنسجة العصبية والموارد المعرفية في الدماغ. قد يكون ذلك متوقعًا إذا ما اكتُسبت اللغتان بصورة متزامنة أو بتداخل زمني، وإذا استخدمتا بانتظام أو في سياقات متشابهة أو متقاربة، وإذا ما كانتا تتشاركان التمثيلات (على سبيل المثال، المعاني وبعض الأشكال التركيبية)، أو إذا ما كانتا متشابهتين على المستوى الفونولوجي أو النحوي. كل هذه العوامل تتواطأ لخلق ظروف تهيئ لتضارب كارثي محتمل بين لغتين أو أكثر لدى الشخص نفسه. وتأثيرات التفاعلات التلقائية المباشرة بين اللغات موثقة الآن توثيقًا جيدًا، الأمر الذي يبيِّن، على سبيل المثال، أن ثنائيي اللغة الذين تعلموا اللغتين مبكرًا ويتَّسمون بالطلاقة يصلون إلى معاني الكلمات المعجمية بصورة تلقائية وسريعة في كلتا اللغتين، حتى حين يوجَّه المشاركون في الدراسات إلى تجاهل الكلمات في إحدى اللغتين.[10] والواقع أن الدماغ لدى الشخص متعدد اللغات يواجه مشكلة كبيرة في المعالجة تتعلق بالحفاظ على التحكم في كل اللغات التي يجيدها، وضمان معالجة فعالة في كل لغة منها، وتقليص الخلل غير المرغوب الناجم عن التداخل المتبادل بينها.

يُعتبر التبديل بين اللغات مثالًا واضحًا لمشكلة التحكم اللغوي. من المفترض أن يتمتع المتحدثون والمستمعون ثنائيو اللغة بدرجة من التحكم في تحديد اللغة التي يصلون

إليها ويفعلونها ويستخدمونها في كل سياق ومقام. وهذا يتطلب توظيفًا متواصلًا للموارد العصبية وينطبق على كل أنماط المتحدثين ثنائيي اللغة، من بينهم ثنائيو اللغة ثنائيو النمط (ويُقصد بهم مستخدمو اللغات المنطوقة ولغة الإشارة). تنخرط الأجزاء الجانبية من القشرة الجبهية في عملية تحكم شاقة، أثناء التبديل بين اللغات أيضًا، في حين أن المناطق التي تقع على طول السطح الأنسي للفصوص الجبهية أساسية للحفاظ على المعلومات عن اللغة التي وقع عليها الاختيار. ويعتمد أداء المناطق الجبهية وكفاءتها على عمر المتحدث؛ إذ يواجه الأطفال الصغار والبالغون الأكبر سنًّا المشقة الأكبر في مهام التبديل بين اللغات، وتتجلى أدنى مستويات الصعوبة عند بلوغ مهارات التحكم التنفيذي والمعرفي أعلى مستوياتها، وذلك منذ أواخر مرحلة المراهقة وحتى مرحلة الرشد. وقد تكون المناطق الجبهية متصلة بعضها ببعض من خلال البنى تحت القشرية — كالعقد العصبية القاعدية — ومناطق القشرة الجدارية، وذلك في المهام التي تنطوي على اختيار اللغة، أو تبديلها، أو الحفاظ على اللغة المختارة واستخدامها دون غيرها. وتختلف هذه المناطق من الدماغ عن تلك التي تدخل في إنتاج وفهم اللغات المنطوقة أو المكتوبة أو الإشارية.[11]

> يواجه الدماغ لدى الشخص متعدد اللغات مشكلة معالجة كبيرة تتعلق بالحفاظ على التحكم في كل اللغات التي يجيدها، وضمان معالجة فعالة في كل لغة منها، وتقليص الخلل غير المرغوب الناجم عن التداخل المتبادل بينها.

إن إدراكنا لدور وظائف المناطق الأمام جبهية في التحكم في اللغة يؤدي بنا مباشرة إلى التساؤل عما إن كان لازدواج اللغة تأثيرات مفيدة على الازدهار والتقلص الطبيعيين للوظائف التحكمية والتنفيذية؛ لا سيما ما إن كان التعرض المبكر لعدة لغات يمكن أن يمنح ميزة تنفيذية أو معرفية لثنائيي اللغة. وقد كانت حقيقة وجود «ميزة لازدواج اللغة» موضوع نقاش ساخنًا لبضع سنوات وحتى الآن، في ظل احتمالية أن يكون له تبعات تعليمية وعملية مهمة. فقد أشار كثير من الدراسات التجريبية والنظرية ضمنيًّا إلى أن ثنائيي اللغة يقدمون أداءً أفضل من أحاديي اللغة في المهام غير اللغوية التي تتطلب أو تنطوي على أشكال من التحكم التنفيذي والمعرفي، على الرغم من أن دراسات حديثة اعترضت على هذا الاستنتاج.[12] أشارت الدراسات أيضًا إلى أن لازدواج اللغة تأثيرًا أكبر في الشيخوخة عنه في مرحلة الرشد؛[13] إذ تعمل بمنزلة درع حامٍ في مواجهة التدهور المعرفي والإدراكي. قد تساهم ازدواج اللغة في بناء احتياطي معرفي للأفراد، لكن ليس واضحًا

مدى كون هذه الآثار — وبعض الأمثلة التوضيحية المفترضة الأخرى لمفهوم ميزة ازدواج اللغة — نتيجة لازدواج اللغة أم لخبرات التعلم التي تتطلب مهارات تحكم معرفي معزَّزة من وقت مبكر من العمر بصورة أعم. لربما كان إتقان لغة ثانية هو كل ما يمكن تحقيقه من «ميزة ازدواج اللغة» بغضِّ النظر عن التأثيرات الضئيلة التي لا ترصد إلا في المختبر، وقد يكون لها تبعات بسيطة في الحياة اليومية.

الفصل السابع

الدماغ وتعلم القراءة والكتابة

لعلك تفاجأت عندما علمت أن معظمنا على الأقل ثنائيو اللغة، لكن على الأرجح أنك لن تتفاجأ حين تعلم أن جميعنا تقريبًا يستطيع القراءة والكتابة بواحد على الأقل من أنظمة الكتابة في العالم. في العقود الأخيرة، ارتفعت معدلات التعلم إلى أكثر من ٨٠ في المائة بين إجمالي عدد البالغين،[1] وإن يظل هناك فروقات بنسب مئوية منخفضة؛ خاصة بين النساء في المناطق النامية من أفريقيا وآسيا. لكن بعيدًا عن السياقات التعليمية والمهنية، أصبحت المعلومات تتاح بصورة متزايدة في شكل نصي والتفاعلات الاجتماعية تتم الآن بصورة أكثر تواترًا بكثير عبر وسائط كتابية عدة. لا يزال للكلام أهميته البارزة، لكن اللغة الآن مادة بصرية بقدر ما هي سمعية. وتتأكد أهمية الشكل البصري للغة أيضًا بحقيقة أن البصر يتوسط شكلين من أشكال التواصل اللغوي: المكتوب والإشاري. وأحد أهداف اللغويات العصبية دراسة الأشكال المعروفة والمستجدة من اللغة البصرية في المخ وكيفية اختلافهما عن الشكل السمعي للغة. ويأتي على رأس هذه الأجندة فهم المخ المتعلم.

للكلام أصول تطورية عميقة تعود إلى عدة مئات الآلاف من السنين في تاريخ السلالة البشرية (المزيد عن ذلك في الفصل العاشر). غير أن القراءة والكتابة ابتكارات ثقافية حديثة نسبيًّا، تعود إلى بضعة آلاف من السنين فقط.[2] فعلى الأرجح أن أنظمة الأبجدية، التي تتوافق فيها الوحدات الخطية (الجرافيم) — أو أصغر الإشارات المكتوبة المميزة — مع عناصر صوتية (كالوحدات الصوتية أو الفونيمات) تعود إلى أربعة آلاف عام فحسب. ويبدو أن التحول من التمثيلات التصويرية الفنية المبسطة للأشياء أو الأحداث اليومية إلى أنظمة الكتابة الأبجدية لم يستغرق إلا بضعة آلاف من السنين. قد لا يكون هذا التحول سريعًا للدرجة من وجهة نظرنا، بالنظر إلى معدلات الابتكار الثقافي التي نشهدها في هذه الآونة. لكنه تحول مثير للإعجاب من منظور اللغويات العصبية؛ نظرًا لأن المخ البشري

لا يمكن أن يكون قد تغير كثيرًا سواء على المستوى البنيوي أو الوظيفي في هذه المدة القليلة من الزمن. فمن المستبعد، فيما يبدو، أن تكون أي أجزاء من المخ قد استطاعت أن تتطور من أجل القراءة والكتابة بصفة خاصة. فبضعة آلاف من السنوات مدة غير كافية للتكيفات العصبية لكي تثبت وتترسخ في جيناتنا. التفسير الأرجح أن تعلم القراءة والكتابة قد أصبح ممكنًا بفعل البنية الكلية الراهنة للقشرة الدماغية؛ فالمخ البشري متوافق مع القراءة. لكن لا بد من اكتساب مهارات القراءة والكتابة من جديد في كل جيل، مستفيدين من كلٍّ من البنية الثابتة للأجهزة البصرية والسمعية، والمرونة في شبكات اللغات وغيرها.

الجذور التاريخية والاكتشافات المبكرة

بدأت الأبحاث الخاصة بالقراءة في الدماغ في بداية نشأة علم الحُبسات، بعد فترة قصيرة من اكتشافات بروكا وفيرنيك وليشتهايم الثورية. كانت النماذج الكلاسيكية للغة في المخ التي ناقشناها في الفصل الأول ترتكز على الكلام والسمع، لكن سرعان ما أدركنا أن البصر قناة مهمة يمكن الوصول من خلالها إلى المعلومات اللغوية في المخ. وكانت أولى النتائج المهمة التي تم التوصل إليها في هذا الصدد لجوزيف جول ديجيرين (١٨٤٩–١٩١٧). ففي عام ١٨٩١، قدم ديجيرين وصفًا لحالة مريض فقد قدرته على القراءة والكتابة بسبب ضرر أصاب التلفيف الزاوي؛ وهي منطقة توجد خلف منطقة فيرنيك، وتقع تقريبًا عند نقطة التقاء الفصوص الصدغية والجدارية. أطلق ديجيرين على هذه الحالة «حالة عمًى لفظي مع فقدان القدرة على الكتابة». كان تخمينه لسبب الحالة أن الضرر دمَّر «مركزًا من مراكز الذاكرة البصرية الخاصة بالكلمات» يشبه مركز فيرنيك السمعي (الفصل الأول)، الأمر الذي يجعل المريض عاجزًا عن القراءة والكتابة.

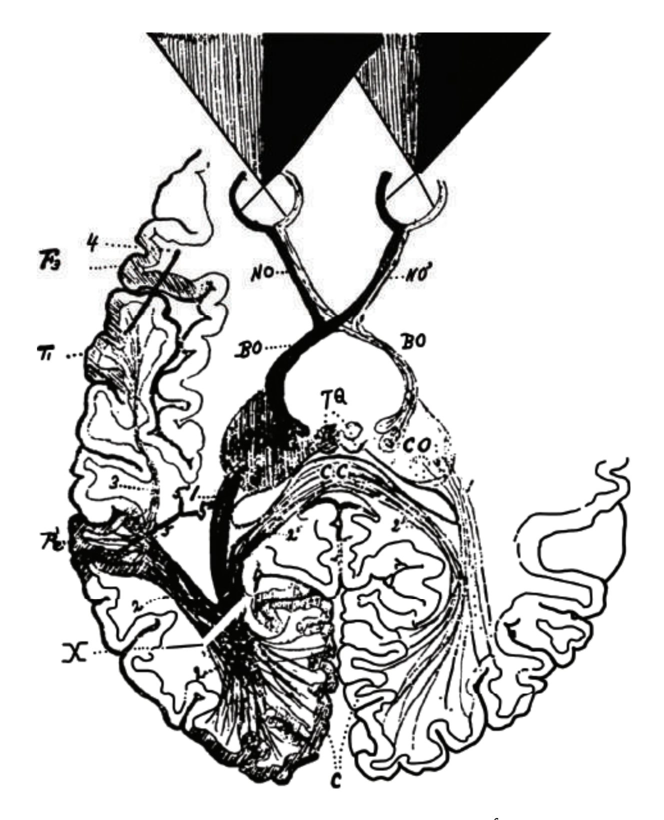
في عام ١٨٩٢، وصف ديجيرين حالة لمريض آخر فقد قدرته على القراءة فجأة في عام ١٨٨٧. كانت حدة الإبصار لدى هذا المريض تبلغ ٨ / ١٠، فكان باستطاعته التعرف على الأشياء والصور وتسميتها، لكنه كان يعاني من عمًى شقي في العين اليُمنى؛ أي لم يكن يستطيع الرؤية بنصف مجال الرؤية الأيمن.[3] كان باستطاعة المريض التحدث بطلاقة وكذلك فهم اللغة المنطوقة. وكان يستطيع الكتابة أيضًا، سواء تلقائيًّا أو بإملاء من أحد، لكنه لم يكن يستطيع قراءة ما كتبه. كان باستطاعة المريض أن «يقرأ» من خلال تتبع أشكال الحروف بأنامل أصابعه، وإن شكَّل أحدهم حروفًا في الهواء بتحريك

إصبعه، كان الرجل يحدد تلك الحروف على نحو صحيح. وفي الخامس من شهر يناير عام ١٨٩٢، لحق بالمريض إصابة جديدة في الأوعية الدموية الدماغية خلفت لديه اضطرابًا في الكلام وعجزًا عن الكتابة. وتوفي الرجل بعد ذلك ببضعة أيام. حين فحص ديجيرين دماغه، وجد أضرارًا سابقة في كلٍّ من (أ) الجوانب الوسطى والسفلية من الفص القذالي الأيسر، وفيها القشرة المهمازية التي تعد جزءًا من جهاز الرؤية، (ب) والمادة البيضاء التي تصل القشرة البصرية اليسرى واليمنى بمناطق اللغة في النصف الأيسر من الدماغ، ويتضمن ذلك أجزاءً من الجسم الثفني الذي يربط نصفَي الدماغ أحدهما بالآخر. ووجد أيضًا (ج) ضررًا أحدث أصاب التلفيف الزاوي والمناطق المحيطة به في القشرتين الصدغية والجدارية (الشكل ٧-١).

> أصبح تعلم القراءة والكتابة ممكنًا بفعل البنية الكلية الراهنة للقشرة الدماغية؛ فالمخ البشري متوافق مع القراءة.

من المفيد أن نعرف السبب وراء عدم قدرة هذا المريض على القراءة ثم الكتابة في النهاية. ما الآليات التي تعطلت بفعل هذه الإصابات والأضرار؟ لكي نقرأ كلمة نراها، لا بد أن تكون هناك روابط وظيفية بين جهاز الرؤية ومناطق اللغة في النصف الأيسر من المخ. في حالة هذا المريض، تسبب الضرر الذي أصاب القشرة القذالية اليسرى (أ) في إصابته بالعمى الشقي الأيمن. لكن الضرر الذي يصيب القشرة البصرية اليسرى وحدها قد لا يعرِّض مهارات القراءة والكتابة للخطر. فكان المريض سيظل يرى الكلمات في نصف مجال الرؤية الأيسر (الشكل ٧-١)؛ لأن القشرة القذالية اليُمنى سليمة، ويمكن نقل المعلومات البصرية إلى مناطق اللغة في الشق الأيسر عن طريق الجسم الثفني وقنوات المادة البيضاء الأخرى. كانت هذه الروابط مقطوعة ومفصولة في الحالة الثانية لدى ديجيرين (ب؛ X في الشكل ٧-١). من الصعب أن نحدد ما إن كان فقدان مهارات القراءة في حالة هذا المريض بسبب الضرر الذي أصاب الجسم الثفني أم الضرر الذي أصاب المادة البيضاء في الفص القذالي أم كليهما. الأمر الأكيد إلى حد بعيد أن هذه الأضرار مجتمعة كفيلة بعرقلة الحركة بين القشرة القذالية اليمنى ومناطق اللغة في النصف الأيسر من المخ، الأمر الذي يجعل المريض عاجزًا عن إدراك الكلمات التي يراها.

كان ديجيرين قد ذهب، في عام ١٨٩١، إلى أن الضرر الذي يصيب التلفيف الزاوي يرتبط بـ «عمى الكلمات» وخلل الكتابة (حبسة القراءة مقترنة بحبسة الكتابة)، وافترض



شكل ٧-١: مقطع عرضي أفقي لمخ مريض ديجيرين الثاني. معاني الرموز: NO الأعصاب البصرية؛ BO المسارات البصرية؛ C القشرة المهمازية، مصابة بتلف على الجانب الأيسر؛ Pc التلفيف الزاوي الأيسر؛ X ضرر في ألياف المادة البيضاء التي تربط القشرة البصرية اليسرى واليمنى بالتلفيف الزاوي الأيسر؛ CC الجسم الثفني؛ F3 التلفيف الجبهي الثالث (التلفيف الجبهي السفلي الأيسر)؛ T1 التلفيف الصدغي العلوي. المصدر: جيه ديجيرين «مقال عن الدراسة التشريحية المرضية والسريرية لمختلف أنواع العمى اللفظي»، «مذكرات جمعية علم الأحياء» ٤ (١٨٩٢): ٦١. استنسخ إن جيشويند ذا الشكل وناقشه في عمله «تشريح اضطرابات القراءة المكتسبة» في كتاب «أبحاث مختارة عن اللغة والدماغ» ١–١٧ (نيويورك: دار سبرينجر للنشر، ١٩٧٤).

أن التلفيف الزاوي يخزِّن الذكريات البصرية للكلمات. ولكي يُنقذ هذه الفرضية، كان عليه الآن أن يدفع بأن الأضرار التي سببت عمى الكلمات التام (حبسة القراءة دون حبسة الكتابة) لدى المريض الثاني هي التي تقطع الاتصال بين القشرة البصرية اليُمنى

والتلفيف الزاوي الأيسر. ارتأى ديجيرين أن المعلومات البصرية لا تستطيع الآن التدفق من أيٍّ من القشرتين البصريتين اليمنى أو اليسرى إلى التلفيف الزاوي بسبب الإصابة التي لحقت بالمادة البيضاء في الفص القذالي الأيسر (X؛ انظر الشكل ٧-١). فالإشارات البصرية المتبقية لا تستطيع الوصول إلى التلفيف الزاوي؛ ومن ثَم لا يمكن الوصول إلى «ذكريات الكلمات البصرية». قبل الضرر الحديث الذي أصاب التلفيف الزاوي (ج)، كان المريض يستطيع الكتابة؛ أي إن المناطق المسئولة عن اللغة والحركة في النصف الأيسر من المخ كانت تستطيع التواصل مع التلفيف الزاوي. لكن حين صار التلفيف الزاوي أيضًا متضررًا بشدة، أصبح المريض مصابًا بحبسة الكتابة أيضًا، تمامًا كما حدث في حالة مريض ديجيرين عام ١٨٩١.

أين يقع صندوق الحروف في الدماغ؟ منظور عصري

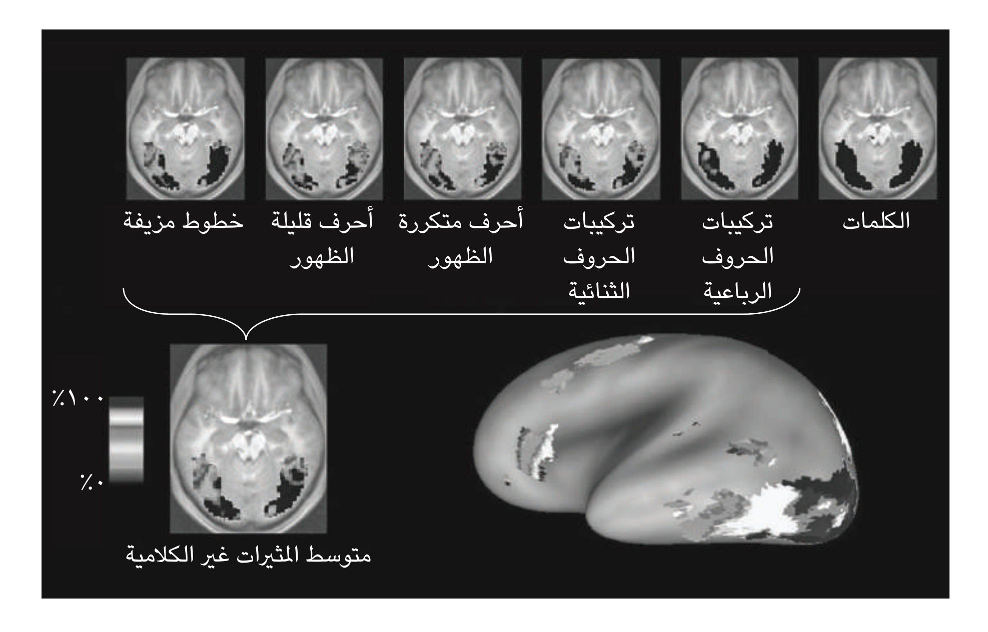
سرعان ما أصبحت فرضية ديجيرين عن أن التلفيف الزاوي هو مركز المخ للصور المرئية للكلمات، في مرمى الهجوم. فقد رفض النقاد فكرة أن التمثيلات البصرية للكلمات تُختزن في مركز واحد، سواء التلفيف الزاوي أو منطقة أخرى في نصف المخ الأيسر. على سبيل المثال، افترض فيرنيك أن الذكريات البصرية للكلمات تتمركز في نصفَي المخ كليهما، على عكس ما يراه ديجيرين من أن التلفيف الزاوي الأيسر هو نقطة التلاقي الوظيفية الرئيسة لشبكات القراءة والكتابة في الدماغ. استمر هذا الجدل عدة عقود،[4] لكن لم يُسفر عن أي استنتاجات قاطعة أو نتائج جديدة ذات قيمة حتى ظهور تقنيات التصوير العصبي وتطبيقها على دراسات الدماغ المتعلم، وذلك قبل نحو ثلاثين عامًا.

عرفنا منذ الدراسات الأولى التي أجراها ديجيرين، أن المصابين بحبسة القراءة الكلية (المرضى الذين لا يستطيعون القراءة لكن يستطيعون الكتابة) يندرجون تحت فئتين رئيستين: المرضى أمثال مريض ديجيرين الذي وصف حالته في عام ١٨٩٢ ممن لا يستطيعون حتى قراءة الحروف فرادى فضلًا عن قراءة كلمات كاملة، ومرضى يستطيعون تمييز الحروف فرادى وبإمكانهم قراءة الكلمات حرفًا بحرف بعد مشقة كبيرة. لذا من الوارد أن هناك جزءًا أو منطقة في الدماغ تتيح للشخص التعرف على الحروف المكتوبة — أطلق عليها «صندوق بريد الدماغ»، وهو اسم على مسمًّى — سواء كانت تلك الحروف تشكِّل سلاسل حروف لا معنى لها أو كلمات محتملة أو فعلية في لغة ما.[5] وقد اكتشفت الدراسات التي أجريت على حبسة القراءة الكلية باستخدام بيانات التصوير أن الموقع الذي

يشهد أقصى تركيز للأضرار بين هؤلاء المرضى ليس التلفيف الزاوي الأيسر، بل منطقة على السطح السفلي للنصف الأيسر من المخ، حيث تلتقي القشرة القذالية والصدغية. يُشار إلى هذه المنطقة باستخدام إما مصطلحات تشريحية (التلفيف المغزلي الأيسر والتلم القذالي الصدغي المجاور) وإما بتسميات وظيفية جديدة (مثل منطقة شكل الكلمة المرئية). وقد وجد كثير من الدراسات التي أجريت باستخدام التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي وتخطيط مغناطيسية الدماغ نشاطًا متزايدًا في تلك المنطقة أثناء أداء المهام التي تنطوي على قراءة حروف وكلمات.

من النتائج الأساسية التي توصلت إليها هذه الدراسات أن هذه المنطقة تُظهر تباينًا متدرجًا في التنشيط حسب طبيعة المدخلات؛ خاصة فيما يتعلق بمدى تشابه مثير بعينه مع كلمة حقيقية. إن كل المثيرات التي تشبه الحروف، ويتضمن ذلك سلاسل الخطوط المزيفة — وهي رموز ذات شكل فني مبسط لها سمات أو ملامح واضحة كالخطوط والأقواس والزوايا لكنها ليست حروفًا — والحروف القليلة الظهور في الإنجليزية (JZWYWX)، والحروف المتكررة الظهور (QOADTQ)، وتركيبات الحروف الثنائية المتكررة (QUMBSS: الحرفان QU من التركيبات الثنائية الحروف الكثيرة التكرار)، وكذلك تركيبات الحروف الرباعية المتكررة (AVONIL)، والكلمات الحقيقية، كلها تنشِّط القشرة القذالية الصدغية الخلفية. لكن وحدها سلاسل الحروف التي تشبه الكلمات — رباعيات الحروف الكثيرة التكرار والكلمات الحقيقية — هي ما تنشِّط الأجزاء الأمامية من المنطقة نفسها على نحو موثوق؛ إذ تصبح الاستجابات أكثر انتقائية للكلمات الفعلية في أجزاء أمامية أكثر من التلفيف المغزلي (الشكل ٧-٢). كما رُصد تنظيم وظيفي آخر مشابه من حيث التباين المتدرج في مناطق أخرى من الدماغ، يتضح أكثر ما يتضح في القشرة الجبهية السفلية اليُسرى (الشكل ٧-٢). هذه المنطقة ليست بمركز للقراءة أو للرؤية، لكنها تساهم على الأرجح في عملية القراءة، وذلك من خلال الإبقاء على المعلومات متاحة مباشرة، وكذلك من خلال إنشاء «نسخ» مختلفة من الحرف نفسه أثناء ظهوره في تركيبات الحروف بغضِّ النظر عن عددها، أو في سلاسل الحروف، أو في الكلمات.

إنني أدعو القراء لتدبر تداعيات هذه النتائج: تخيل ضررين محددين وواضحين أصابا القشرة المغزلية، أحدهما في الجزء الخلفي منها والآخر في الجزء الأمامي. أيهما يرجح أن يحدث اضطرابًا في معالجة كل أنواع المثيرات الشبيهة بالأحرف أكثر من الآخر؟ وأيهما قد يسبب في المقابل عجزًا محددًا في إدراك الكلمات الحقيقية؟ اطلع على الملاحظة



شكل ٧-٢: التنظيم الوظيفي ذو التباين المتدرج للقشرة القذالية الصدغية. الجزء العلوي: قطاعات عرضية أفقية للدماغ تظهر معدلات التنشيط بالنسبة المئوية (شريط الألوان) بفعل خمسة أنواع من المثيرات مقارنة بكلمات حقيقية: المثيرات التي يتزايد تشابهها مع الكلمات توظف أجزاءً أمامية أكثر من القشرة القذالية الصدغية. الجزء السفلي إلى اليسار: صورة للتباين المتدرج تبيِّن متوسطات التنشيط بناءً على مثيرات غير كلامية. الجزء السفلي إلى اليمين: منظر جانبي أيسر لصورة التباين المتدرج للمتوسطات. المصدر: أعيدت طباعته بتصريح من إف فينكير، وإس دوان، وإيه روبرت، وجيه بي دوبوس، وإم سيجمان، وإل كوهين، «الترميز الهرمي لسلاسل الحروف في المسار البطني: تشريح التنظيم الداخلي لنظام شكل الكلمة المرئي»، دورية «نيورون»، ٥٥ (٢٠٠٧): ص ١٤٣–١٥٦.

الختامية بمجرد أن تصل إلى إجابة.[6] إضافة إلى الأضرار التي تصيب التلفيف المغزلي، يمكن تدبر تداعيات الأضرار التي تصيب الروابط العصبية الممتدة من هذه المنطقة وإليها. إن الضرر الذي يصيب مسار المادة البيضاء لصندوق بريد الدماغ (بداية من القشرة المغزلية تقريبًا وحتى مناطق أمامية أكثر من الدماغ) يمكن أن تترك المريض قادرًا على إدراك أن ما يراه هو كلمة مكتوبة لكنه غير قادر على تحديد معناها أو نطقها. وهذا النوع من الإصابات يمكن أن يعطِّل التواصل بين صندوق بريد الدماغ ومناطق أخرى، من ضمنها قشرة اللغة الجبهية الصدغية اليسرى. في المقابل، من المرجَّح أن تتسبب الأضرار

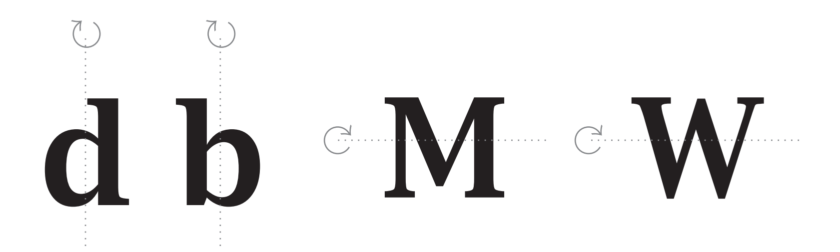
التي تلحق بالمادة البيضاء التي تحمل الإشارات العصبية إلى التلفيف المغزلي في حبسة القراءة الكلية؛ إذ قد لا يكون المريض قادرًا على تحقيق وصول بصري إلى المعلومات في صندوق البريد غير المصاب بضرر، لكنه قد يكون قادرًا على القراءة باللمس أو التعامل مع أشكال فك الرموز الإملائية التي لا تعتمد على المدخلات البصرية.

يعود بنا هذا إلى بيانات ديجيرين. تشير الأبحاث الحديثة إلى أن ديجيرين كان مخطئًا بشأن موقع مركز الكلمات المرئية؛ إذ لا يقع بالتلفيف الزاوي. نحن نعرف الآن أن المخ يعامل الكلمات المرئية، على الأقل في البداية، تمامًا كما يعامل الأشياء المرئية الأخرى. في جهاز الرؤية البطني أو الجزء السفلي من الفص الصدغي، نجد مناطق حساسة تجاه أنواع متعددة من الأجسام المرئية التي تمثِّل أهمية خاصة لنا، مثل الوجوه والأدوات والبنايات. في نهاية المطاف يتم التعرف على الكلمات المرئية في المكان نفسه الذي نتعرف فيه على الأجسام المرئية؛ ألا وهو التلفيف المغزلي الأيسر هو بالفعل جزء من مسار الإبصار البطني. في حالة مريض ديجيرين التي وصفها في عام ١٨٩٢، كان الضرر الذي أصاب المادة البيضاء في الفص القذالي الصدغي الأيسر (ب) كافيًا لفصل القشرة البصرية في نصفَي المخ كليهما عن التلفيف المغزلي الأيسر، الأمر الذي أدى إلى عجز تام عن القراءة. وتدعم الدراسات الحديثة هذه الفكرة.[7] لكن لا يزال اللغز الأكبر غير مكتمل الحل. على سبيل المثال، يمكن للتلفيف الزاوي (الأيسر) أن يضطلع بدور في الكتابة وفي حبسة الكتابة، بناءً على ما توصل إليه ديجيرين وعلى المعرفة بجهاز الرؤية الظهري، وهو مجموعة من المناطق الجدارية، تتضمن التلفيف الزاوي، تمثِّل العلاقات والمواقع المكانية وتساهم في التوجيه البصري وتنسيق الحركات، وهي متطلبات الكتابة المتقنة. وقد وجدت الدراسات الحديثة بالفعل أن هناك ارتباطات بين القراءة والقشرة القذالية الصدغية (وفيها القشرة المغزلية) وبين الكتابة والقشرة الصدغية والجدارية السفلية (وفيها التلفيف الزاوي).[8]

تعلم القراءة، ولدونة الدماغ، وعسر القراءة

كيف تنشأ هذه الشبكة القشرية الدقيقة المسئولة عن القراءة والكتابة وتنضبط في أثناء فترة الطفولة؟ كيف يمكن لتعلم القراء والكتابة أن يغير المخ المتوافق مع القراءة؟ لا يمكننا أن نقدِّم إجابة كاملة في هذا المقام، لكني سأوضح بضع نقاط مهمة بمثال مألوف، هو الكتابة المرآتية أو المعكوسة. عندما يبدأ الأطفال ممارسة القراءة والكتابة،

غالبًا ما يكتبون حروفًا وكلمات كاملة في الاتجاه الصحيح (لنقل من اليسار إلى اليمين) وفي الاتجاه المعاكس لذلك طوعًا، بل وبصورة عشوائية. فما سبب هذا؟ يعرف جهاز الرؤية لدى الطفل المبدأ العام القائل بأن الأجسام أو الأشياء تبقى على ما هي عليه مهما أديرت في الفراغ؛ أي إن هوية الجسم تظل ثابتة مع الدوران. فلو أن الكوب يظل كوبًا سواء حين يقف مستقيمًا على المكتب أو حين يكون مقلوبًا على حامل الأطباق، فلمَ يفترض أن يختلف الأمر بأي حال مع الأحرف أو الكلمات؟ في الواقع أن الكلمات والأحرف هي الاستثناء من هذا، وفي نهاية المطاف يدرك كل الأطفال هذه الحقيقة التي تناقض مبدأ الثبات الدوراني العام. وهذا ما يتطلبه الأمر لإدراك أن الحروف الإنجليزية b وd وM وW (الشكل ٧-٣) هي حروف مختلفة، رغم حقيقة أنها تبدو الأشكال المرئية ثلاثية الأبعاد نفسها وجرى تدويرها فقط على محورين عمودي وأفقي على الترتيب. لكن كيف يمحى ما تم تعلمه هكذا؟ يشير دوان إلى أننا نتعلم الأحرف في بداية الأمر من خلال الأجهزة الحركية ومن خلال المسار البصري الظهري باعتبارها إشارات حركية في الفراغ، وباعتبارها أجسام ثلاثية الأبعاد يمكن تغيير مكانها وتدويرها.[9] تنتقل عملية التعلم تدريجيًّا من مناطق الإبصار الظهرية إلى البطنية بينما يتعلم الطفل الانتباه إلى الخصائص البارزة الأخرى للحروف، مثل اتجاهها المميز في الفضاء الثنائي الأبعاد. ثم يكتشف الطفل أن هذه الخصائص لا تسمح بالتدوير، وأن هذا القيد نفسه ينطبق أيضًا على تركيبات الأحرف الثنائية، وعلى تركيبات الأحرف بأي عدد، وعلى الكلمات ككلٍّ. حينئذٍ تنسق التيارات البصرية الظهرية والبطنية نشاطاتها بحيث لا يفرق الطفل وحسب بين الحرفين d وb حين يراهما، بل ينتج أيضًا أمثلة مختلفة لهذين الحرفين في الكتابة.



شكل ٧-٣: هوية الحرف ليست ثابتة حين تكون قيد التدوير.

إن تعلم القراءة والكتابة ينطوي على ما هو أكثر بكثير من تدريب نظام الرؤية البطني على الخواص الشاذة للكلمات باعتبارها أجسامًا مرئية.[10] فالتعرف على الكلمات الحقيقية وسلاسل الحروف التي تقابل تسلسلات فونيمية واضحة في لغة المرء يتطلب تفاعلات بين منطقة صندوق البريد والمناطق الصدغية الأخرى التي تدعم الصوتيات والدلالات. ويعتمد تعلم القراءة على تغيرات في اللدونة في أنظمة اللغة والرؤية وعبر أجزائها.[11] ويتطور تعلم القراءة على ثلاث مراحل: مرحلة مبكرة يتعلم فيها الأطفال تمثيلات حركية بصرية لبضع كلمات كاملة، مثل أسمائهم؛ ومرحلة فونولوجية يتعلمون فيها ربط الجرافيمات بالفونيمات (يختلف هذا الأمر عبر اللغات وأنظمة الكتابة، اعتمادًا على مدى وضوح العلاقة بين قواعد الإملاء والصوتيات)؛ والمرحلة الإملائية التي تكون فيها عملية تعيين الأصوات إلى أشكالها الكتابية تعمل بالفعل وتصبح القراءة عملية تلقائية وسريعة. وترتبط هذه التغيرات الوظيفية بتغيرات اللدونة في المناطق القشرية ذات الصلة، وعبر الأنظمة اللغوية والأنظمة البصرية والحركية.[12]

يمكن أن تعرقَل عملية تعلم القراءة والكتابة بعدة طرق، مما يؤدي إلى صعوبات القراءة أو عسر القراءة. تاريخيًّا، كانت أول اضطرابات القراءة التي خضعت للبحث حالات لمرضى بالغين فقدوا مهارات القراءة والكتابة نتيجة لأضرار أصابت الدماغ (انظر أعلاه). لكن لم يمرَّ وقت طويل بعد اكتشافات ديجيرين المؤثرة حتى وُصفت أولى حالات عسر القراءة الخلقي أو التطوري.[13] والفارق بين عسر القراءة الخلقي والمكتسب فارق حقيقي ملموس؛ فهما ليسا شكلين لعوامل متشابهة تقف وراء حدوث الخلل في المخ. يمكن للأضرار القشرية الموضعية أن تتسبب بحبسة القراءة (الكلية) في مرضى الاضطرابات العصبية، لكن نادرًا ما يوجد دليل على وجود قصور تشريحي ووظيفي موضعي في المخ لدى الأطفال المصابين بحبسة القراءة. إضافة إلى ذلك، يبدو أيضًا أن الآثار الحيوية العصبية لحبسة القراءة التطورية تشمل أنظمة معالجة الكلام المسموع وليس فقط القشرة البصرية أو المناطق الصدغية السفلية (المغزلية).[14] ويمكن أن يصاحب حبسةَ القراءة تدنٍّ في القدرة على قراءة الكلمات بصوت مرتفع؛ خاصةً الكلمات التي لا يتبع نطقها النمط العادي في اللغة أو سلاسل الحروف التي لا يبدو وقعها في النطق كوقع الكلمات في أي لغة (أي إنها لا كلمات). يتسق هذا مع النمط السلوكي لحبسة القراءة الذي يرتبط فيه العجز عن القراءة (واكتساب القدرة على القراءة) بالصعوبات التي يواجهها الطفل المصاب بحبسة القراءة في تحويل سلاسل الحروف المكتوبة إلى أصوات منطوقة (تحويل الجرافيمات إلى فونيمات)، ويمكن أن يصاحب هذا عجز في معالجة الكلام. تبيِّن

هذه النتائج، إضافة إلى الدراسات الحديثة التي تتناول الأصول الجينية لعسر القراءة (التي سنناقشها في الفصل التاسع) أن عسر القراءة التطوري ينشأ عن تنظيم تشريحي ووظيفي لا نمطي للقشرة الدماغية المسئولة عن اللغة في مرحلة الطفولة المبكرة؛ ومن ثَم فإنه يسبق عملية تعلم القراءة والكتابة.

الفصل الثامن

علم اللغة العصبي

يدرس علم الحبسات اضطرابات الكلام واللغة المكتسبة. وقد خلف أثرًا عميقًا على اللغويات العصبية بصفة عامة (الفصل الأول)، ويظل مجال بحث حيويًّا في العلوم المعرفية وعلوم المخ، مما قد يحمل تأثيرًا اجتماعيًّا كبيرًا. تُعَد إصابات الدماغ — سواء كانت رضحية أو لا (أي التي يكون سببها، على سبيل المثال، السكتات الدماغية أو الأورام أو العدوى) — سببًا أساسيًّا للعجز أو الموت؛ إذ تصيب ملايين الناس كل عام في جميع أنحاء العالم.[1] ونظرًا إلى أن وظائف اللغة موزعة عبر أجزاء الدماغ، فمن المحتمل أن الأضرار التي تصيب القشرة الدماغية ستحد من قدرة الشخص على استخدام اللغة، سواءٌ كان ذلك بصورة مؤقتة أو دائمة. وتعتمد فرص نجاح إعادة تأهيل المريض على فهم طبيعة الاضطراب بدقة من الناحية السلوكية والوظيفية والتشريحية العصبية. وهذا هو هدف اللغويات العصبية السريرية الحديثة أو علم اللغة العصبي. الحبسة ليست اضطرابًا منفردًا، بل هو طائفة معقَّدة من الحالات العصبية تظهر في شكل اعتلال للقدرة على إنتاج اللغة المنطوقة أو فهمها. وثمة كثير من التباين من حيث نوع الاعتلال وشدته. والتباين اللغوي للحبسة يجعل من الاستعانة بأفكار من اللغويات النظرية أمرًا مهمًّا للغاية لتكوين فهم دقيق لمتلازمات الحبسة. لم ينتج عن التصنيفات والنظريات الحديثة تفسير كامل ومتسق لأعراض الحبسة.[2] ولكن في خضم هذا الرفض للنظريات والتفسيرات للوظائف اللغوية النمطية واللانمطية، اكتسبنا بعض الرؤى المهمة. من بين هذه الرؤى أن مصابي الحبسة قد يرتكبون أخطاءً مشابهة في المهام اللغوية (على سبيل المثال، التسمية والتكرار وإعادة الصياغة)، لكن عدد هذه الأخطاء التي يرتكبونها يمكن أن يختلف؛ إذ قد يكون الاضطراب أكثر أو أقل حدة. أو يمكن أن تكون معدلات الأخطاء متشابهة، لكنها قد تختلف في طبيعتها؛ فمن حيث النوع، على سبيل المثال، قد يجد بعض

المرضى صعوبة أكبر في تسمية الأفعال، وقد يجد البعض الآخر صعوبة أكبر في تسمية الأشياء. ويمكن لعلم اللغة أن يساهم بقدر كبير في تحليل أنواع الأخطاء المختلفة وفي الربط بين أنماط الأخطاء عبر مختلف المهام.

كما أبرزنا في فصول سابقة، يتولى تنفيذ عمليات المعالجة اللغوية عدة مراكز موزَّعة على نطاق واسع عبر القشرة الدماغية. ثمة رؤية أخرى تتأتَّى من علم الحبسات، وهي أن تدفق المعلومات في داخل هذه الشبكات يمكن أن يتحقق بواسطة مسارات عصبية توصيلية متعددة. يمكن تنفيذ بعض العمليات الكلامية واللغوية في المخ بأساليب مختلفة، وذلك باستخدام مناطق مختلفة واستغلال الروابط بينها. فلو أن أحد المسارات أصيب بتلف أو قصور وظيفي، يمكن أن يتولى مسار آخر الوظائفَ التي يؤديها هذا المسار المتضرر، ما دامت روابطه العصبية سليمة.[3] وليست هذه هي الطريقة الوحيدة التي يستجيب بها الدماغ استجابة تكيفية تجاه الأضرار التي تصيبه. فيمكن إعادة توطين بعض الوظائف من مناطق متضررة إلى أخرى سليمة. لكن قد تكون إعادة التوجيه حلًّا أكثر فاعلية لإصلاح الضرر من إعادة التعيين بالنسبة إلى الوظائف الموزَّعة على نطاق واسع. وقبل أن نتطرق إلى تفاصيل إعادة تنظيم اللغة بعد تضرر الدماغ، لننظر في طبيعة الاضطرابات الناجمة عن الحبسات.

نماذج الحبسات التقليدية والمستجدة

عادةً ما يتوقف تصنيف اضطرابات الحبسة على ما إن كان الخلل في إنتاج الكلام أم في فهمه أم في تكراره. فقد تكون كل واحدة من هذه المهارات متضررة ولو جزئيًّا بمعزل عن الأخرى. فلو أصيبت المهارة س، مثلًا، باختلال بينما كانت المهارة ص سليمة أو العكس، فنقول إن المهارتين س وص يمكن أن تكونا «منفصلتين». أما حين تحدث الاختلالات في المهارة س بالتزامن مع اختلالات في المهارة ص، فإن هاتين المهارتين «متصلتان». يمكن أن تكون المهارتان س وص مهارات كلامية أو لغوية محددة (مثل تكرار الفونيمات في مقابل الكلمات الأحادية المقطع، أو فهم الكلمات في مقابل الجمل). والواقع أن نماذج اضطرابات الحبسة قد تطورت وأصبحت تقيِّم مهارات الكلام أو اللغة المتضررة بدقة كافية لأغراض التشخيص. لكن يمكن أيضًا العثور على أنماط انفصال للاختلالات بين الوظائف العامة المتمثلة في الإنتاج والفهم والتكرار.

يتمثل التشعب الرئيس في النماذج التقليدية فيما إن كان إنتاج اللغة المنطوقة يتسم بالطلاقة أم متعسرًا. تحدث «الحبسة الشاملة» — وهي أشد أنواع الحبسات — حين يكون الكلام المتلعثم مصحوبًا بصعوبات في كلٍّ من فهم اللغة (المنطوقة) وتكرار الكلام. ويمكن أن يظهِر المريض أعراض الحبسة الشاملة بعد فترة قصيرة من الإصابة بسكتة دماغية أو نوع آخر من الأضرار التي تصيب الدماغ. ويمكن لمثل هذه الأعراض أن تستمر حتى بعد انقضاء المرحلة الحادة من التعافي إذا ما امتد التلف الدماغي إلى عدة مناطق قشرية أو إلى ألياف المادة البيضاء، أو إذا كانت تلك الأعراض تُتلف شبكات لغوية أساسية، مثل القشرة الجبهية السفلية اليسرى، أو القشرة الصدغية الخلفية، أو القشرة الجدارية، أو الروابط بينها (انظر الفصل الرابع).

إذا لم يكن إنتاج الكلام سلسًا؛ أي كان هناك خلل في إنتاجه وتكراره، بينما لم يمس فهمَ اللغة أيُّ ضرر، يُصنَّف الاضطراب على أنه «حبسة بروكا» (انظر الفصل الأول). في النماذج التقليدية للحبسات، افترُض أن الأضرار التي تصيب باحة بروكا (التلفيف الجبهي السفلي الأيسر الخلفي) أو منطقة بروكا (التلفيف الجبهي السفلي الأيسر كاملًا) كافية للتسبب في حبسة بروكا. أما الآن، فنعرف أن الأضرار المقتصرة على باحة بروكا نادرًا ما ينتج عنها حبسة بروكا كلية، وأن الضرر الذي يصيب أجزاءً أخرى من شبكة اللغة يمكن أن يعرقل إنتاج الكلام أو تكراره. فلو كان الكلام متلعثمًا بينما التكرار سليم، فنحن نتحدث هنا عن الحبسة عبر القشرية، وهي نوعان: «الحبسة الحركية عبر القشرية» وذلك إن كانت عملية الفهم لم يمسها ضرر، و«الحبسة المختلطة عبر القشرية» وذلك إن امتد الضرر إلى الفهم.

تنشأ أربع متلازمات أخرى حين يكون الكلام سلسًا، لكن عملية الفهم أو التكرار أو التسمية معرَّضة للخطر. عادةً ما تتسم «حبسة فيرنيك» (انظر الفصل الأول) بضعف في الفهم وتكرار الكلام. وغالبًا ما تكون عملية التسمية معتلة أيضًا. ولا تقتصر حبسة فيرنيك على الدلالات، لكنها تشمل أيضًا الأنظمة الفونولوجية اللازمة لكلٍّ من إنتاج الكلام وفهمه. يتسم الكلام لدى هؤلاء المرضى المصابين بالحبسة، بالطلاقة والتدفق السلس، لكنه قد يفتقر إلى البنية والترابط. ويمكن أن تتأثر عمليتا القراءة والكتابة علاوة على ذلك. عادة ما كانت حبسة فيرنيك مرتبطة بتلف متمركز في القشرة الصدغية العلوية الخلفية اليسرى، أما اعتلال الفهم فيمكن أن يكون ناجمًا عن أضرار تصيب المناطق أو الروابط القشرية التي تشتمل على المسارات البطنية الصدغية (في جانبَي الدماغ كليهما)

(تذكَّر نموذج المسار الثنائي لهيكوك وبويبل من الفصل الرابع). تتميز «الحبسة التوصيلية» بطلاقة الكلام، والفهم السليم، مع اعتلال عملية التكرار، وكذلك عملية اختيار المفردات أو الكلمات، والرقابة الداخلية على الكلام. وفي معظم النماذج التقليدية، ترتبط الحبسة التوصيلية بتلف يصيب ألياف المادة البيضاء التي تربط المناطق الصدغية العلوية بالتلفيف الجبهي السفلي الأيسر. ولو كانت عملية التكرار سليمة لم يمسها ضرر، فإننا نحصل على نوعين إضافيين من الحبسة المصحوبة بالطلاقة والسلاسة في الكلام. إذا كانت عملية الفهم معتلة، يُعرف الاضطراب هنا بأنه «حبسة حسية عبر قشرية»؛ لا تخلط بينها وبين حبسة فيرنيك، التي غالبًا ما تكون مصحوبة بضعف في القدرة على تكرار الكلام. أما إن كانت عملية الفهم سليمة، يكون الضرر مقتصرًا على التسمية، ويشخص المريض بحبسة التسمية. يواجه المرضى المصابون بـ «حبسة التسمية» صعوبات في توفير الكلمات اللازمة للتعبير عن الأفكار التي يريدون التعبير عنها؛ لا سيما كلمات المحتوى، كالأسماء والأفعال، وذلك أثناء الكتابة والقراءة. قد تتضمن لغتهم التعبيرية بنية نحوية كافية (على سبيل المثال، وجود الكلمات الوظيفية)، لكنهم عادة ما يبذلون جهدًا شاقًّا للتعبير عن أفكارهم.

خضع التصنيف التقليدي لاضطرابات الحبسة لنقاشات وانتقادات واسعة المجال. فهو يُعَد أداة مساعدة معيبة لأغراض البحث والتشخيص والعلاج، لكنه يظل مرجعًا ضروريًّا لتطوير نماذج لغوية عصبية أحدث وتصنيفات أفضل. من المجالات التي تخضع حاليًّا للبحث التشريح العصبي الوظيفي للحبسة، الذي تحفزه التطبيقات السريرية لتخطيطات كهربية ومغناطيسية المخ والتصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي، وكذلك تطوير أساليب جديدة لتعيين مواضع الوظائف اللغوية أثناء العمليات الجراحية، مثل جراحات استئصال الأورام. وتأتي التطورات الحديثة من الدراسات التي تُجرى على مرضى السكتات الدماغية. يمكن للسكتة أن تكون إقفارية (وتنجم عن انسداد الأوعية الدموية ما يؤدي إلى انقطاع تدفق الدم إلى المناطق القشرية) أو نزفية (وتنجم عن انفجار الأوعية الدموية فيجتاح الدم الأنسجة العصبية)؛ وفي كلتا الحالتين، تصاب خلايا الدماغ بالتلف. تنتج الحبسة الحادة في نحو ٣٠ في المائة من إجمالي حالات السكتة الدماغية.[4] فمن المحتمل أن يتسبب التلف الذي يصيب مناطق أساسية من شبكات الكلام واللغة (مثل التلفيف الجبهي السفلي الأيسر أو المناطق الصدغية اليسرى) في حبسة حادة أو حبسة شاملة. والتلف الذي يصيب المسار الظهري الذي يربط المناطق الصدغية والجدارية والأمامية

المسئولة عن اللغة يصاحبه حبسة فقد الطلاقة أو الاضطراب الكلامي الحركي، في حين يمكن للأضرار التي تصيب المسار البطني أن تعرِّض عملية الفهم للخطر. تعتمد عمليات التسمية وتكرار الكلام والتركيبات النحوية، إلى جانب عمليات لغوية أخرى، على التفاعلات بين المجريين؛ ومن ثَم يمكن لها أن تتلف بفعل الأضرار التي تصيب أجزاءً من الشبكة الأساسية.[5] وهذه الاستنتاجات مدعومة بدراسات أجريت على مرضى الأورام الدماغية.[6]

تأخذ التصنيفات المستجدة للحبسات في الاعتبار الأصل السببي والتطور الوظيفي للاضطراب. وفي حين ينتج عن إصابات الدماغ تلف مفاجئ للوظائف اللغوية، يمكن للأمراض العصبية التنكسية، كألزهايمر وداء التنكس الجبهي الصدغي، أن تتسبب في فقدان تدريجي ونهائي للمهارات اللغوية. وقد تنجم «الحبسة الأولية المترقية» عن تدهور الأنسجة القشرية في شبكات الكلام واللغة. غالبًا ما تبدأ هذه الحبسة في شكل فقدان طفيف للأداء في مهام لغوية بعينها، كإيجاد الكلمات والتسمية، وقد تتطور إلى أشكال حادة من حبسة فقد الطلاقة أو حتى الحبسة الشاملة.[7] أما بالنسبة إلى متلازمات الحبسة الناجمة عن إصابة رضحية في الدماغ أو عن سكتة دماغية، فستعتمد الملامح الوظيفية والسلوكية للحبسة الأولية التقدمية على موقع التلف ومداه في شبكات اللغة أو مناطق أخرى من الدماغ في مرحلة معينة من المرض. وتظهر الحبسة الأولية التقدمية في ثلاثة أشكال مختلفة على الأقل: (١) الحبسة الأولية التقدمية الدلالية حيث قد يواجه المرضى صعوبات في التسمية أو فهم الكلمات نتيجة لتغيرات غير طبيعية في وظائف الفص الصدغي، (٢) الحبسة الأولية التقدمية المصحوبة بفقد الطلاقة/اللانحوية، وفيها يجد المرضى صعوبات في تنظيم الكلام ونطقه من حيث الأصوات والتركيب النحوي، (٣) الحبسة الأولية التقدمية اللوبوجينية (مشتقة من الكلمة اليونانية التي تعني «الافتقار إلى الكلمات»)، وفيها غالبًا ما يُظهر المرضى مهارات متدنية في إيجاد الكلمات والتسمية وتكرار الكلام، بينما تكون قدراتهم الكلامية الدلالية والتركيبية والحركية سليمة.

تأخذ التصنيفات المستجدة للحبسات في اعتبارها الأصل السببي والتطور الوظيفي للاضطراب.

إعادة تنظيم اللغة بعد تضرر الدماغ

لا تحظى الأمراض التنكسية العصبية في الوقت الحالي بأمل كبير في استعادة الوظائف الدماغية، لكن فرص ذلك أحيانًا ما تكون أفضل بصورة كبيرة بعد إصابة الدماغ بأضرار

(موضعية). يمكن للدماغ أن يستجيب للتلف بأشكال مختلفة. وهناك مبدآن مهمان للغاية في هذا السياق.[8] المبدأ الأول هو مبدأ «الانحلال»؛ ويدور حول فكرة إمكانية أداء الوظيفة نفسها أو الاقتراب منها من خلال أنظمة مغايرة أو بأساليب مختلفة، فيما يشبه قليلًا الوصول إلى الوجهة نفسها من المنزل عبر طريقين مختلفين؛ فإذا كان أحدهما غير متاح (لنفترض أنه مقطوع بفعل أعمال على الطريق)، فبالإمكان سلوك الطريق الآخر. فلو تضررت بعض البنى القشرية، يمكن إعادة توجيه المعلومات إما من خلال المناطق السليمة من شبكة اللغة في نصف المخ الأيسر، وإما إلى مناطق مناظرة (مماثلة) لها في نصف المخ الأيمن، أو إلى مناطق لا لغوية. المبدأ الثاني هو «الاحتياطي الوظيفي»، ويقوم على فكرة أن شبكات الدماغ لها قدرات باقية لا تُستخدم في الأحوال الطبيعية، لكن يمكن استنفارها في ظروف خاصة. ويسمح كلٌّ من مبدأ الانحلال ومبدأ الاحتياطي الوظيفي للمخ بالتفاعل مع التلف الذي يلحق به من خلال التعويض عن فقدان الوظيفة.[9]

وقد أكدت الدراسات التي أجريت على المرضى المصابين بسكتات دماغية في المناطق الصدغية الجدارية أو الأمامية اليسرى على الطبيعة الديناميكية لعملية إعادة التنظيم. في العموم، تحدث استجابة الدماغ تجاه السكتات على ثلاث مراحل: (١) «المرحلة الحادة»، وتحدث بعد الإصابة بالسكتة بفترة وجيزة، حيث تكون الآثار المدمرة لإصابات الدماغ أوضح على الإطلاق، (٢) «المرحلة شبه الحادة»، وتكون عملية إعادة التنظيم فيها جارية وقيد التنفيذ، وتستعاد بعض الوظائف تدريجيًّا أو جزئيًّا، (٣) «المرحلة الدائمة»، وفيها يستقر الأداء عند مستوًى مشابه أو أقل من المستوى الطبيعي. والتلف الذي يصيب البنى المختلفة في شبكة اللغة يؤدي إلى آثار مختلفة تمامًا في المرحلة الحرجة. إن نمط هذه الآثار معقَّد، ويمكن تبسيطه على النحو التالي.[10] عادة ما تؤدي السكتة الدماغية التي تصيب الفص الصدغي والجداري الأيسر إلى خفض النشاط العام في شبكة اللغة، وأيضًا في المناطق الأبعد مثل التلفيف الجبهي السفلي الأيسر. في المقابل، غالبًا ما تؤدي السكتات الدماغية في المناطق الأمامية إلى استنفاد النشاط الجبهي (الموضعي)، بينما قد تكون الاستجابات في القشرة الصدغية الجدارية سليمة نسبيًّا. ويشير هذا الأمر، على المستوى الوظيفي، إلى أن النشاط في المناطق الجبهية يتوقف على المدخلات من المناطق الصدغية الجدارية، في حين لا يكون العكس من ذلك هو الحال بالضرورة.

قد تختلف عملية إعادة تنظيم اللغة في المخ بين المرضى المصابين بالسكتات في المناطق الصدغية الجدارية وأولئك المصابين بها في المناطق الجبهية. وفي كلتا الحالتين يُلاحَظ نشاط متزايد للمناطق التي تجاور منطقة الإصابة (القشرة المحيطية) وللقشرة المعافاة في

مناطق اللغة في النصف الأيسر من المخ؛ خاصة في أثناء المرحلة شبه الحادة. وهذا يتسق مع عملية إعادة تعيين الوظائف الموضعية والاحتياطي الوظيفي. وهناك سعة وظيفية داخلية في داخل شبكة اللغة يمكن استغلالها استجابة للتلف؛ وهذا ينطبق على المناطق الصدغية الجدارية والمناطق الجبهية على حد سواء. في المرضى المصابين بسكتات في المناطق الصدغية الجدارية، تحدث إعادة تعيين وظيفي ضئيلة، إن حدثت، في المناطق المتماثلة في النصف الأيمن من المخ. في المقابل، توظَّف الشبكات العامة المجال التي تدخل في عديد من المهام عبر المجالات المعرفية للتعويض عن خسارة الوظائف في المناطق الصدغية الجدارية اليسرى. في المقابل، نرى في مرضى السكتات في المناطق الجبهية استجابة تعويضية سريعة على عدة جبهات في آنٍ واحد: في مناطق اللغة السليمة، وفي المناطق المتماثلة في القشرة الجبهية الأمامية من نصف المخ الأيمن، وفي الأنظمة عامة المجال. لا تخبرنا هذه النتائج بما يقوم به المخ على الصعيد الوظيفي للتعافي من السكتة، لكنها تُظهر أنه يستخدم عدة استراتيجيات في آنٍ واحد: استعادة الوظائف في داخل مناطق اللغة المعافاة من النصف الأيسر للمخ، والتعويض عن طريق الأنظمة العامة المجال. وتهيمن هذه الاستراتيجيات لدى مرضى السكتات على توظيف المناطق أو الشبكات غير المرتبطة وظيفيًّا بالكلام أو اللغة.

هناك سعة وظيفية داخلية في داخل شبكة اللغة يمكن استغلالها استجابة للتلف.

لغز الحبسة النحوية

يظهر بعض مرضى الحبسات المفتقدين لطلاقة الكلام قصورًا يمكن وصفه وصفًا تقريبيًّا بأنه ضعف نحوي. وأطلِق على هذا القصور مصطلح «الحبسة النحوية»، وهو أيضًا اضطراب معقَّد في إنتاج اللغة واستقبالها. يفتقر الكلام غير النحوي إلى مورفيمات أو وحدات نحوية قائمة بذاتها (على سبيل المثال، الكلمات الوظيفية كحروف الجر والضمائر والعناصر اللغوية المساعدة)، ومورفيمات تصريفية أو عناصر تطابق (مثل الزمن). جرت العادة على التمييز بين مصطلح الحبسة النحوية و«الخطل النحوي»، الذي يكون فيه التكوين النحوي سليمًا، لكن ثمة خطأً في اختيار العناصر المعجمية أو الوظيفية أو يحل محلها عناصر غير صحيحة. وقد كان يُعتقد أن الخطل النحوي مظهر

لاضطراب كلامي حركي؛ خاصة حبسة بروكا، قبل أن تؤخذ فكرة وجود تلف في أحد المكونات التركيبية لنظام اللغة على محمل الجد وتستكشَف بصورة ممنهجة. وقد أدى هذا إلى برامج بحثية مثيرة، في ظل إسهامات كبيرة من اللغويات النظرية.[11]

من الألغاز الكبيرة في الحبسة النحوية ما إن كان هناك خلل أو ضعف نحوي في كلٍّ من إنتاج الكلام وفهمه. يُزعَم أن الأبحاث المبكرة توضح أن المصابين بالحبسة النحوية يعانون من اختلالات في الفهم؛ إذ يفهمون الجمل المعقدة تركيبيًّا لكنها محدودة دلاليًّا (The Apple That the Boy Is Eating Is Sweet ، بمعنى «التفاحة التي يأكلها الولد حلوة»)، التي تستوحى فيها تأويلات تلك الجمل من المعرفة الواقعية، لكنهم يواجهون صعوبة مع الجمل التي تتطلب معالجة تركيبية (The Cow That the Monkey Is Scaring Is Yellow بمعنى «البقرة التي يخيفها القرد صفراء»).[12] وقد أظهرت أبحاث لاحقة أن الكلام غير النحوي لا يشير بالضرورة إلى قصور في الفهم، وأن مرضى الحبسة النحوية قادرون على تحديد ما إن كانت الجمل صائبة نحويًّا. من ثَم فإن المعرفة النحوية في الحبسة النحوية قد لا تكون مفقودة، لكن يمكن أن تكون العمليات النحوية ضعيفة أو بطيئة أو مبتورة من أنظمة الصوتيات والدلالات.

أشارت دراسات أحدث أجريت على الأسس العصبية لضعف القواعد النحوية إلى أن الحبسة النحوية قد تكون نتيجة إصابات في المناطق القشرية الجبهية، في حين يرتبط الخطل النحوي بتلف المناطق الصدغية الخلفية. ويرجح أن هاتين المتلازمتين تنشآن عن الإصابات التي تصيب النصف الأيسر من الدماغ أكثر من النصف الأيمن. ومرة أخرى يشير هذا الدليل إلى الطبيعة التوزيعية للتمثيلات والعمليات اللغوية والنحوية في المخ.[13] إضافة إلى ذلك، يتصل النحو بأنظمة الصوتيات اللغوية والدلالات. فتعمل واجهات الربط هذه على دعم قدرة نظام اللغة على إعادة تنظيم نفسه ديناميكيًّا استجابة لتلف المناطق الجبهية أو الصدغية. على سبيل المثال، في تجارب الجهود المرتبطة بحدث، يُظهر المرضى المصابون بالحبسة النحوية تأثيرات الاستجابة N400، في حين يُظهر المشاركون من المجموعة الضابطة تأثيرات الاستجابة P600 في الجمل التي تحتوي على أخطاء نحوية.[14] وتشير هذه النتائج إلى أن النظام الدلالي يعوِّض آنيًّا أي فقدان أو انخفاض مهارات المعالجة النحوية، الأمر الذي يتسق مع اللدونة متعددة المسارات (انظر أعلاه).

تركز النقاشات الآن على ما إن كان الكلام غير النحوي انعكاسًا للقصور أو ما إن كان محاولة من المخ للتأقلم معه. فهذا القصور في حد ذاته عبارة عن بطء أو ضعف في الاسترجاع المعجمي والمعالجة التركيبية، وتتمثل استجابة الدماغ في تبسيط تلك العمليات

الصعبة أو تخطيها، الأمر الذي ينتج عنه النمط المميز للكلام غير النحوي. ثمة مجال آخر للنقاش، وهو ما إن كان هذا الاضطراب يؤثِّر على بناء الجملة في حد ذاته أو على علاقته بالصوتيات والدلالات، خاصة على مستوى الخطاب. في الواقع أن بعض أعراض الحبسة النحوية المعروفة تنطوي على ضعف في إنتاج الجمل أو فهمها في المنطقة التي يتفاعل فيها بناء الجملة مع دلالات الخطاب؛ مع ضمائر الوصل، أو زمن الفعل، أو الأدوات النحوية الأخرى البالغة الأهمية للتعبير عن المعنى بما يتجاوز مستوى الجمل. ويجري الآن إعادة صياغة الحبسة النحوية بوصفها قصورًا في كيفية تنظيم الصوتيات والتصريفات والدلالات من أجل إنتاج وفهم اللغات المنطوقة. وتتحدى هذه التطورات فكرة وجود نظام نحوي مستقل بذاته في المخ يمكن أن يتلف على نحو محدد ومستقل.[15]

الفصل التاسع

الوراثة العصبية للغة

لطالما كان علماء اللغة مهتمين بما نطلق عليه المكوِّن الجيني للغة؛ أي صفة مميِّزة للغة أو لقدرتنا على اكتساب اللغات واستخدامها، والتي تسبق عملية التعلم أو التعرض للمدخلات البيئية من حولنا.[1] غير أن هذا الأمر من الشواغل المشروعة التي أثارت كثيرًا من التكهنات. يتشارك الأطفال جميعًا القدرة على تعلم اللغة، وتتشارك اللغات جميعًا بعض الخصائص (البنى والعمليات الشكلية) التي لا يبدو أنها قابلة لاكتسابها بناءً على المدخلات وحدها. فهل من الممكن أن تكون هذه الخصائص أو تلك القدرة على التعلم في حد ذاتها محددة وراثيًّا؟ أيمكن أن تكون المعلومات اللازمة مشفَّرة في واحد أو أكثر من الجينات، وأن يكون هذا هو ما يفسِّر حقيقة أن البشر وحدهم من بين كل الأنواع الأخرى هم من يملكون اللغة؟

لكي نتناول الأسس الوراثية للغة، علينا أن نفهم ما هي الجينات ووظيفتها. الجينات هي مقاطع من شريط الحمض النووي الريبوزي (دي إن إيه) تلعب أدوارًا سببية محددة في تصنيع البروتينات، وهي الجزيئات التي تشكل تكوين الكائن الحي على المستوى البنيوي والوظيفي. تحدد بعض الجينات تعليمات لبناء دماغ يمكنه تعلُّم المعلومات ومعالجتها. وهذه هي علاقة علم الوراثة بعلم اللغة: من خلال علم الأحياء العصبي، أو بصورة أدق، علم الوراثة العصبية. وعلم الوراثة العصبية هو دراسة الكيفية التي تشكل بها جينات معينة الطريقةَ التي يُبنى بها دماغ (بشري) ويُصان ويُرمَّم، ويدرس بدرجة ما أيضًا كيف يقوم المخ بوظائفه في الظروف العادية وغير العادية. قد لا يقدم علم الوراثة العصبية تفسيرًا لماهية اللغات كما نعرفها؛ على سبيل المثال، لماذا تتشارك اللغات خصائص أساسية معينة ولماذا تختلف هذه الخصائص في لغات أخرى. لكن يمكنه توضيح الطريقة التي يُبنى بها دماغ يمكنه استخدام أيٍّ من اللغات البشرية، على

المستويات الجزيئية والخلوية. ويمكنه كذلك تسليط الضوء على الأخطاء التي قد تقع في أثناء عملية البناء بما قد يعطل أو يؤخر عملية تطوير اللغة أو المعرفة.

الجينات ونمو المخ ووظائفه

الطريق من الجينات إلى المخ والمعرفة والسلوك طريق طويل ومعقد. فله نقطة بداية واحدة بسيطة نسبيًّا (حيث تنتقل المعلومات الوراثية في جزيء واحد، وهو الحمض النووي، بشفرة واحدة، مبنية من أربع قواعد من النوكليوتيدات) لكن وجهته معقَّدة بصورة مذهلة (الأدمغة والعقول). كذلك تحمل نسبة بسيطة فقط من كل الأحماض النووية لدى البشر المعلومات الوراثية، ولا يتجاوز عدد الجينات المشفَّرة للبروتينات ٢٠٠٠٠ إلى ٢٥٠٠٠ جين. يُحاط كل جين بأجزاء من الحمض النووي تقوم بوظائف تنظيمية، من ضمنها إصدار التعليمات بشأن موقع وتوقيت تشغيل، أو عدم تشغيل، جينات بعينها (المزيد عن ذلك أدناه). يرث البشر نسختين من كل جين، واحدة من الأب والأخرى من الأم. ويأتي كل جين في أشكال مختلفة تنتج تأثيرات مختلفة في الكائن الحي (على سبيل المثال، لون العين) بالتفاعل مع جينات أخرى، ومع عناصر تنظيمية أخرى في الحمض النووي، وكذلك مع عناصر بيئية.[2]

تحدد الجينات التعليمات لبناء البروتينات، التي تشكِّل بدورها بنية الكائن الحي ووظائفه. ومن العمليات الأساسية في هذا الصدد عملية «التعبير الجيني»؛ وهي سلسلة من الأحداث الجزيئية التي تترجم المعلومات المشفرة داخل الجينات الفردية في الحمض النووي وتحدث تأثيرات محددة في الخلايا. تحتوي كل خلية في الكائن الحي — وفيها الخلايا العصبية — على الحمض النووي نفسه؛ ومن ثَم فإنها تحتوي على الجينات نفسها. لكن لا يعبَّر عن كل الجينات في كل مكان في الجسم أو في الوقت نفسه أثناء عملية النمو؛ إذ عادة ما يُعبَّر عن الجينات في عدة أوقات وفي عدة مناطق. تنتج الجينات في العموم تأثيرات خلوية محددة حسب مكان وزمان التعبير عنها. يحدد التعبير الجيني في الدماغ، من خلال تخليق البروتين، طائفة من العمليات التي تؤدي إلى التشكيل والتوظيف الصحيحين لدوائر المخ، التي تتضمن شبكات اللغة؛ على سبيل المثال، كيف تتكاثر خلايا السلائف العصبية وتتمايز لتصبح أنواعًا معينة من الخلايا العصبية، وإلى أين ينبغي لها أن تهاجر في القشرة الدماغية أثناء عملية النمو، وكيف ينبغي أن ترتبط مع خلايا عصبية أخرى. حتى عمليات التعلم والتذكر والمعالجة المباشرة للمعلومات، التي تعدِّل الروابط

المشبكية بين الخلايا العصبية، تتم بواسطة البروتينات والجينات. وكل هذه العمليات تتطلب تحفيزًا بفعل عوامل داخلية (الحمض النووي) أو أحداث خارجية (المدخلات). ولا تُعَد هذه العمليات محدودة بالوقت للنمو، لكنها تحدث باستمرار على مدار الحياة.

يطمح علم الوراثة إلى إيجاد تفسير للتباين المورفولوجي في الكائنات الحية (نمطها الظاهري) في إطار تباينها الوراثي (أو النمط الجيني). يختلف تشريح الدماغ عبر الأفراد في بعض القياسات، كحجم المناطق القشرية وسمكها. ومن الممكن الآن تقييم مدى اعتماد التباين البنيوي في الدماغ على متغيرات جينية شائعة (تُعرف أيضًا باسم «تعدد الأشكال الجينية»)، من خلال الجمع بين التصوير البنيوي (التصوير بالرنين المغناطيسي) والمعلومات الجينية للفرد في مجموعات ضخمة من البيانات. وجدت دراسات حديثة أن أكثر من ثلاثمائة منطقة من الحمض النووي يمكن أن تؤثِّر على البنية القشرية لدى البشر. بعض الجينات يعبَّر عنها في وقت مبكر من عملية النمو، حتى قبل الولادة؛ وهي تلك الجينات التي تؤثر على طريقة تشكيل القشرة وكذا على سطح المناطق القشرية. ثمة جينات أخرى يعبَّر عنها في فترة لاحقة من العمر، وعلى مدار فترة البلوغ، وهذه الجينات تحدد سمك القشرة. يؤثِّر كثير من امتدادات الحمض النووي على طريقة تشكيل المناطق المسئولة عن اللغة، ومنها الأجزاء الفرعية من التلفيف الجبهي السفلي الأيسر والقشرة الصدغية.[3] لكن الجينات نفسها توجه عملية النمو في مناطق أخرى من الدماغ، وفي بعض الحالات توجه نمو البنى غير العصبية في الكائن الحي. ولا توجد جينات مكرَّسة بصفة خاصة وحصرية لتنظيم تطور شبكات الكلام أو اللغة أو القراءة في الدماغ.

يحدد التعبير الجيني في الدماغ، من خلال تخليق البروتين، طائفة من العمليات التي تؤدي إلى التشكيل والتوظيف الصحيحين لدوائر المخ، التي تتضمن شبكات اللغة.

FOXP2: هل هو جين خاص باللغة والكلام؟

يمكن دراسة العلاقة بين الجينات والمخ والإدراك والسلوك من خلال تعددية الأشكال الشائعة في الفئات السكانية النمطية أو غير النمطية أو من خلال الطفرات النادرة في الأفراد. ففي عام ٢٠٠١، وُصفت طفرة جينية نادرة نتج عنها اضطراب حاد في الكلام واللغة.[4] على مدار سنوات، كان من المعروف أن أفراد إحدى الأسر التي تقطن الجزر البريطانية يمكن أن يرثوا قصورًا في تسلسل حركات الفم والوجه المعقَّدة التي تتيح

التحدث بطلاقة. يمكن لهذا القصور، الذي يعرف باسم تعذُّر الأداء النطقي بالطفولة، أن يصاحبه اعتلال في إنتاج أو فهم اللغة المنطوقة. وقد وُجد أن كل أفراد الأسرة المصابين بهذا القصور كانوا يحملون طفرة نقطية نادرة من الجين FOXP2 (فوكس بي ٢). إن حدوث هذه الطفرة المغلطة (استبدال الحمض الأميني) في نسخة واحدة من الجين FOXP2 كافٍ لتقويض وظائف البروتين المشفَّر، الذي يُعتبر عامل نسخ يدفع عملية التعبير عن جينات أخرى. وتتعاقب هذه الآثار لتسفر في نهاية المطاف عن انخفاض في القدرة على السيطرة على الحركات الدقيقة اللازمة لإنتاج الكلام.

رحَّبت الصحافة بالاكتشاف بعناوين مثيرة من قبيل «العلماء يكشفون ألغاز الكلام» و«اكتشاف أول جين للغة».[5] وحرص سايمون فيشر، وهو أحد العلماء المشاركين في الدراسة الأصلية على الجين FOXP2، على توضيح الأمر إذ قال: «لا نظن أن هذا الجين هو الجين المسئول عن الكلام. إنه يؤثِّر على القدرة على التحدث بوضوح. فالطفرة لا تقضي على القدرة على الكلام كليًّا.» عرف علماء الوراثة العصبية الكثير عن الجين FOXP2 ووظائفه على مدار العقد المنصرم. فتُظهر الدراسات التي أجريت على البشر وعلى الحيوانات أن هذا الجين يدعم نمو الدوائر العصبية ذات الصلة بالمهارات الحركية والسلوكيات الصوتية وأداءها الوظيفي، إضافة إلى كونه معبرًا عنه في أنسجة أخرى مثل الرئتين والقلب وحتى العظام.[6] وتظهر تجارب التصوير العصبي التي أجريت على الأفراد الحاملين لطفرة الجين FOXP2 سمات بنيوية وأنماط تنشيط غير طبيعية في المهام اللغوية عبر المناطق القشرية وتحت القشرية التي تشهد ارتفاعًا في مستوى التعبير الجيني لجين FOXP2، وتتمثل في أجزاء من الجسم المخطط والمخيخ والتلفيف الجبهي السفلي (منطقة بروكا).[7]

بالإضافة إلى الأبحاث على الطفرات النادرة، حددت الدراسات الخاصة بالأشكال المتعددة الشائعة عدة جينات قد تؤثر على تنظيم شبكات اللغة والكلام وأدائها الوظيفي في المخ. إن جين FOXP2 مجرد جين واحد من بين جينات كثيرة يعبَّر عنها في المناطق ذات الصلة باللغة، مثل التلفيف الجبهي السفلي الأيسر والقشرة الصدغية، خاصة أثناء طور النمو.[8] على سبيل المثال، الجين CNTNAP2 يظهر مستويات تعبير عالية في مراحل النمو المبكرة في كلٍّ من القشرتين الأمام جبهية والصدغية العلوية، وكلاهما جزء من شبكة اللغة الأساسية. وقد ارتبط بالفعل بعض من أشكال جين CNTNAP2 بضعف الأداء في المهام اللغوية لدى الأطفال المصابين بضعف اللغة النوعي، وهو قصور تطوري يؤثر على

مهارات الطفل في إنتاج اللغة واستقبالها، لكنه لا يؤثر بصفة خاصة على نطق الكلام، على عكس اضطراب تعذُّر الأداء النطقي بالطفولة.[9] إذن فيما يمكن أن تتسبب الطفرات النادرة في اضطرابات نادرة (كتسبب طفرة الجين FOXP2 في اضطراب تعذُّر الأداء النطقي بالطفولة، الموثق في نسبة ٠٫١ في المائة من الأطفال)، يمكن أن تنعكس الأشكال المتعددة الشائعة للجينات في أنماط ظاهرية أكثر انتشارًا لكنها لا تزال غير نمطية (مثل طفرة الجين CNTNAP2 وضعف اللغة النوعي، الذي تم تشخيصه لدى ٧ في المائة من الأطفال بعمر ٦ سنوات). الجين CNTNAP2 هو واحد من بين كثير من الجينات التي ينظِّم الجين FOXP2 أنماط التعبير عنه، مما يؤكِّد مرة أخرى على الدور القوي الواسع للجين الأخير في نمو القشرة الدماغية لدى البشر، وفي نهاية المطاف في الكلام أو الوظائف اللغوية.

لقد نوهنا بالفعل إلى أن الروابط بين الجينات والمخ وسلوك الكلام أو اللغة (النمطي أو غير النمطي) هي روابط دقيقة ومعقَّدة بالتأكيد. ثمة تحذير آخر من أن التأثيرات المباشرة لأكثر أشكال التعدد الجيني شيوعًا على بنية الدماغ عادة ما تكون محدودة. ولو أحدثت تأثيرات على السلوك قابلة للقياس— مثل الأداء في الكلام أو في المهام اللغوية — فهذا بسبب التأثير التراكمي المتعاقب (تأثير الدومينو) الذي تحفزه هذه التغييرات على وظائف الدوائر العصبية، التي تمتد غالبًا على مدار سنوات عدة في مرحلتي الرضاعة والطفولة. وهذه التأثيرات المتتالية على مهارات الكلام أو اللغة تكون أكبر في المجموعات السكانية غير النمطية. ومن الصعب تأسيس روابط بين المتغيرات الجينية الشائعة والإدراك أو السلوك في الفئات السكانية النمطية. على سبيل المثال، أفادت دراسات أجريت على عينات صغيرة بوجود ارتباطات بين المتغيرات الجينية الشائعة لجين FOXP2، والأنشطة القائمة على المهام في التلفيف الجبهي السفلي الأيسر وبين أشكال جينية متعددة أخرى واللاتناظر الوظيفي للمناطق الصدغية العلوية، التي تُعَد جميعًا جزءًا من شبكات اللغة الأساسية. لكن لم تتكرر هذه النتائج في عينات أكبر من المشاركين.[10] وحتى الآن، لا يوجد إلا أدلة محدودة للغاية على تأثيرات الأشكال الجينية المتعددة الشائعة على التباين في التشريح العصبي أو الوظيفي لدى عامة السكان. ويعتقد علماء الوراثة العصبية الآن أنه إما أن تأثير جين FOXP2 على بنى المخ يقتصر على حالات نادرة من الطفرات المعرقلة، وإما أن تأثيرات المتغيرات الشائعة للجين نفسه على الدماغ مراوغة بما يتعذر معه رصدها بأساليب التصوير الراهنة.

عوامل الخطورة الوراثية لعسر القراءة التطوري

يُعرَّف عسر القراءة التطوري بأنه صعوبات خاصة في اكتساب مهارات القراءة والكتابة، رغم توافر فرص المعرفة والإدراك والتعليم المبكر. ويُشخص به من ٥ إلى ١٠ في المائة من الأطفال في الدول الصناعية. وقد ارتبط باضطرابات في جوانب من المعالجة الفونولوجية والإملائية وبخلل في وظائف الشبكة البريسلفية للغة. يمكن تعديل شدة الاضطرابات المرتبطة بعسر القراءة عن طريق درجة شفافية الواجهة الفونولوجية الإملائية في لغة ما (أي الطريقة التي تنطق بها الكلمات في مقابل الطريقة التي تكتب بها). إحدى الفرضيات الرئيسة في هذا المقام أن القصور الصوتي الإملائي في عسر القراءة ينشأ عن شذوذات بنيوية دقيقة في القشرة الصدغية. وتكتسب الأبحاث في مجال الوراثة العصبية رؤى جديدة عن الأليلات (المتغيرات الجينية) المرتبطة إما بعسر القراءة التطوري وإما بالتباين في مهارات القراءة والكتابة والتهجئة لدى عموم السكان.[11]

مؤخرًا تم تحديد كثير من الجينات المحتمل ارتباطها بعسر القراءة فيما لا يقل عن خمسة مناطق من الكروموسوم.[12] ومن يحملون «أليلات قابلية الإصابة» هذه عرضة للإصابة بشكل من أشكال عسر القراءة في طفولتهم. وهناك أدلة تربط بعض هذه الأليلات بشذوذات في هجرة الخلايا العصبية أو في تكوين الروابط العصبية أثناء نمو القشرة، مما ينتج عنه في النهاية انحرافات في بنية الفص الصدغي ووظائفه.[13] وتبيَّن أيضًا أن تثبيط التعبير عن جينات بعينها مرتبطة بعسر القراءة لدى البشر (مثل جين DCDC2)، يؤدي إلى اعتلالات كبرى في الوظائف السمعية لدى الفئران.[14] وقد بحثت الدراسات في الأصل الوراثي للتشوهات القشرية التي يمكن أن تعطل وظائف الدوائر العصبية اللازمة من أجل القراءة. يمكن خلق مثل هذه الشذوذات اصطناعيًّا في الحيوانات عن طريق تثبيط التعبير عن جينات قابلية الإصابة بعسر القراءة، مثل DYX1C1، وKIAA0319، وDCDC2، وROBO1.[15]

يمكن للدراسات المبنية على نماذج حيوانية بصفة خاصة اختبارُ الفرضيات السببية البديلة بشأن كيفية تأثير التعبير عن الجينات الضالعة في عسر القراءة لدى البشر في النمو الصحيح للدوائر العصبية. وقد استخدمت الدراسات التي أجريت على البشر أساليب إحصائية متطورة لاختبار ارتباطات الأشكال الجينية المتعددة الشائعة بالخصائص البنيوية للمناطق الرئيسة المسئولة عن اللغة وتعلم القراءة والكتابة في المخ، ومن ضمنها التلفيف الجبهي السفلي والقشرة الصدغية الوسطى والعلوية.[16] وقد ارتبط اثنان من أهم

أشكال التعدد الجيني ذات الصلة باللغة وتعلم القراءة والكتابة في تحليل تلوي حديث على مستوى الجينوم (المتغير النيوكلوتيدي rs59197085 داخل الجين CCDC136/FLNC والمتغير النيوكلوتيدي rs5995177 داخل الجين RBFOX2) إحصائيًّا بتضاؤل سمك القشرة في المناطق الجبهية والصدغية والجدارية التي تدخل في مهام اللغة والتعلم. لكن، وكما أشرنا بالنسبة إلى الجين FOXP2، من الصعب في الوقت الراهن إقامة روابط قوية بين التباين الجيني لدى عامة السكان والتباين الظاهري في مهارات القراءة والكتابة والتهجئة النمطية. يبدو أن تحديد عوامل الخطورة الوراثية لعسر القراءة التطوري أكثر جدوى وقابلية للتنفيذ؛ لا سيما عن طريق جمع بيانات الارتباط على مستوى الجينوم وتصوير الدماغ والمعالجات في النماذج الحيوانية. وينبغي التأكيد على أن علم الوراثة لا يقدِّم إلا صورة جزئية لعوامل الخطورة. فهناك عدة متغيرات بيئية قد تزيد أو تقلل من خطورة الإصابة بعسر القراءة. وأحد التساؤلات المهمة في هذا الصدد هو كيف تتفاعل العوامل الاجتماعية والاقتصادية والتعليمية ومتغيرات أخرى مع جينات قابلية الإصابة. وسيكون من الضروري للغاية أن نميز التفاعلات التي يمكن للعوامل البيئية فيها أن تفاقم التحيز الجيني عن تلك التي يمكن أن يكون لها تأثير وقائي، الأمر الذي يؤدي إلى تعويض بعض من الأثر السلبي لعوامل الخطورة سواء الوراثية أو البيئية.[17]

الفصل العاشر

علم السلوك العصبي للغة

تنشأ اللغة، مثل معظم الوظائف المعرفية الأخرى، من التفاعلات المعقدة بين الجينات والبيئة. فالجينات توجِّه نمو شبكات اللغة في المخ. ويكون الناتج عقلًا متجسدًا تتمثل مسئوليته الأولى في ألا يستقبل المدخلات الحسية ويحللها على نحو سلبي، بل أن يعمل بصورة تكيفية في العالم الطبيعي والاجتماعي. توفر شبكات الكلام واللغة في المخ الآليات العصبية اللازمة للتواصل التركيبي؛ فالبشر وحدهم هم من يتبادلون المعلومات بصورة تعاونية، من خلال أنظمة إشارات مفتوحة النهايات إلى جانب علاقات منهجية قابلة للتنبؤ بها بين الشكل والمعنى. وللتواصل أهمية هائلة للأفراد وللسلوك التكيفي الجمعي لدى البشر.

غير أن كثيرًا من الأنواع الأخرى تتواصل فيما بينها أيضًا، وإن لم يكن على هذا المستوى التركيبي (مثل الرئيسيات)، وحتى تلك الأنواع التي لا تتواصل تظل تبدي سلوكيات صوتية معقَّدة، كالطيور المغردة على سبيل المثال. ومن ثَم يمكن مقارنة بعض جوانب التواصل اللغوي البشري بمهارات مشابهة له في أنواع أخرى. وأحد أهداف علم السلوك العصبي هو فهم الأسس الدماغية للسلوك باستخدام منهجية مقارنة. يمكن لعلم السلوك العصبي أن يساعدنا في تجزئة الكلام البشري واللغة إلى عناصر بناء عصبية وسلوكية ذات معنًى، وتتبُّع أصول تلك العناصر في عملية تطور أدمغة الطيور والثدييات والرئيسيات.

الكلام واللغة والتطور البشري

من السهل تمامًا أن ننخدع بنظرتنا الخاصة ونعتقد أن البشر لا يشبهون أي نوع آخر من الكائنات. من حيث الواقع والتعريف، كل نوع من الكائنات مميز واستثنائي، لكن

لا يمكن لكل هذا التنوع والتميز الواضح أن يخفي الاستمرارية التطورية العميقة التي تحافظ على تماسك العالم الطبيعي. كان تشارلز داروين (١٨٠٩–١٨٨٢) من أوائل من أمعنوا الفكر في اللغة البشرية والتواصل البشري من حيث الاستمرارية التطورية والارتباط التطوري بينهما وبين أنماط التواصل لدى مختلف الكائنات. وتتلخص رؤيته في هذا الاقتباس الاستثنائي من كتابه «أصل الإنسان» (١٨٧١): «تختلف الحيوانات الأدنى عن الإنسان فقط في قدرته الكبرى بصورة لا نهائية على الربط بين أكثر الأصوات والأفكار تنوعًا.» تذكرنا عبارة «قدرته الكبرى بصورة لا نهائية» هنا أن ما يبدو أنه اختلاف نوعي قد يكون مسألة تتعلق بالموقع؛ إذ تقبع قدرة البشر على ربط الأشكال والمعاني على الطرف الأقصى من سلسلة متصلة من الوظائف الإدراكية والمعرفية لدى الحيوانات.

تشير هذه الرؤية إلى أنه قد يكون هناك نماذج حيوانية تجسد الجوانب البشرية نفسها للكلام أو اللغة أو التواصل. ونقصد بمصطلح «نماذج حيوانية» الأنواع التي تُظهر مهارة واحدة أو أكثر من المهارات الإدراكية أو الحركية أو المعرفية التي تتشابه مع القدرات التي تُشكل الكلام واللغة لدى البشر. يمكن لهذا التشابه أن يأتي في نوعين؛ فيمكن أن يكون حالة من «التشابه التركيبي» حيث يتشارك البشر والأنواع الأخرى سمة واحدة أو أكثر؛ لأن تلك السمات أورثت من سلف مشترك، أو يمكن أن يكون حالة من «التشابه الوظيفي»، حيث تُظهر الأنواع المختلفة سمات متشابهة مع وظائف متشابهة لكنها تطوَّرت بصورة مستقلة في النوعين. على سبيل المثال، أجنحة الطيور والخفافيش متشابهة وظيفيًّا باعتبارها أجنحة، ومتشابهة تركيبيًّا باعتبارها أطرافًا أمامية. ويُفترض أن علم السلوك العصبي للغة يحدد حالات التشابه التركيبي في مقابل التشابه الوظيفي بين السمات ذات الصلة بالكلام أو اللغة لدى البشر والحيوانات الأخرى ويدرسها. ماذا يمكن أن تكون هذه السمات؟

يبدو أن هناك نوعين من القدرات والسلوكيات التي تشكِّل الكلام واللغة البشرية ويظهران في أنواع أخرى. الأول هو مجموعة المهارات المعرفية والحركية والحسية التي يشير إليها علماء السلوك بمهارات «التعلم الصوتي»، وهي القدرة على اكتساب الأصوات الفردية وتسلسلات أو أنماط الأصوات، عادة عن طريق المحاكاة، لإدراك وإنتاج هذه الأصوات بحرية ولتعديل بنيتها وتركيبها. والتعلم الصوتي ليس سمة شائعة وتتشاركه عدة أنواع، ومن ضمنها الحيتانيات وزعنفيات الأقدام والخفافيش والفيلة وبعض الطيور، مثل الطيور الطنانة والطيور المغردة والببغاوات، مع وجود تباين كبير فيها لدى كل نوع. فيبدو أن التعلم الصوتي لدى الرئيسيات محدود؛[1] إذ إن البشر على الأرجح هم النوع

الوحيد من الرئيسيات الحية الذي يُظهر مستوى متقدمًا من مهارات التعلم الصوتي، التي تظهر بوضوح شديد في الاكتساب المبكر للغة المنطوقة والقدرة على التحدث بلغتين (الفصلين الخامس والسادس). السؤال هو ما إن كان التعلم الصوتي في هذه الأنواع قد تطوَّر على نحو مستقل، أو ما إن كان هناك عوضًا عن ذلك أصل مشترك ومن ثَم تشابه تركيبي عميق، يربط أنواعًا من الطيور بالبشر.[2]

القدرة الثانية هي التواصل الدلالي بواسطة الإشارات الحسية، مثل النطق بالألفاظ والإيماءات، وهي مشتركة بين البشر والرئيسيات الأخرى وثدييات أخرى على الأرجح. يدعم هذه القدرة لدى البشر ما يُطلق عليه علماء اللغة «مبدأ التركيبية»، وهي فكرة أن التمثيلات التوافقية للأصوات أو الإشارات الإدراكية الأخرى (مثل الإيماءات) والمعنى ترتبط بعضها ببعض بطرائق منهجية وقابلة للتنبؤ. ويُعَد تركيب الجملة — البنى الهرمية التكرارية للشكل (ف [م س]...) (انظر الفصل الأول) — جزءًا مما يتيح الربط بين الشكل والمعنى. شعر داروين أن هذه القدرة مختلفة، أو أنها «أكبر بصورة لا نهائية» لدى البشر. والآن صرنا نعرف أن ثمة رئيسيات أخرى يمكنها الربط بين الإشارات الصوتية أو المرئية وبين المعنى، ولكن بدون المرونة التي توفِّرها قواعد التركيب وبناء الجملة. ولا نعرف ما إن كان علم البناء والتركيب ومبدأ التركيبية قد نشآ في وقت قريب من تاريخ تطور النوع البشري، أو ما إن كان لها جذور أعمق في عمليات تبادل الإشارات والتواصل في الرئيسيات.[3]

السلوك العصبي للتعلم الصوتي

وُجدت أشكال أساسية من اللدونة الصوتية في أنواع لا تُعَد بارعة في التعلم الصوتي، مثل الفئران والضفادع. وقد توصَّل العلماء إلى رأي مفادُه أن التعلم الصوتي ليس سمة منفردة يملكها الكائن الحي أو لا يملكها، بل هو مهارة معقدة بها عدة مكوِّنات متفاعلة فيما بينها. يختلف التعلم الصوتي أيضًا عن التعلم الحركي (القدرة على تعلم تنفيذ حركات جديدة معقَّدة والتعديل عليها) والتعلم السمعي (القدرة على تعلم إدراك الأصوات والتسلسلات أو الترابطات الجديدة بين الأصوات). لهذا السبب أيضًا يمكن للرضع فهم اللغات المنطوقة قبل أن يتمكنوا من إنتاجها (إذ يبدأ التعلم السمعي مبكرًا عن التعلم الصوتي)، وهو أيضًا السبب في أن مهارات التعلم السمعي في معظم الرئيسيات وفي أنواع أخرى تكون أكثر تطورًا من مهارات التعلم الصوتي. إذن أين ينشأ التعلم الصوتي لدى البشر؟ يبدو من الثابت الآن أن الإجابة عن هذا السؤال لا تكمن في طريقة تنظيم

الأعضاء الصوتية في البشر بل في المخ؛ فهناك مسار للتعلم الصوتي موجود في عدة أنواع من الكائنات — قد يرافقه كثافة عصبية أكبر في مناطق الدماغ الأمامي — تظهِر سمات التعلم الصوتي لأغنية أو كلام، من التقليد والتحكم الإرادي.[4] ربما كان هذا المسار الجديد قد تطوَّر عدة مرات بصورة مستقلة في أنواع مختلفة من الكائنات، بناءً على مسارات قائمة وشائعة للتعلم السمعي والتعلم الحركي والإنتاج الطبيعي للأصوات.

إن التعلم الصوتي عبر مختلف أنواع الكائنات التي تتعلم صوتيًّا متشابه وظيفيًّا وليس تركيبيًّا؛ إذ يحتمل أن يكون قد تطوَّر عدة مرات بصورة مستقلة في الطيور والثدييات والبشر. لذا لا شك أن النماذج التطورية لنشأته قد اختلفت عبر الأنواع؛ فربما أن ضغوطًا انتقائية مختلفة أثرت على سمات مختلفة وعلى جينات مختلفة في كائنات حية مختلفة. لكن ربما يكون هناك أوجه تشابه أيضًا. ففي نهاية المطاف، لا يؤثر التطور إلا على عدد محدود من البنى، وينطوي التشابه الوظيفي فقط على عدم توريث السمة من سلف مشترك. على سبيل المثال، يبدو أن الانتخاب الجنسي فضَّل نشوء التعلم الصوتي في بعض الأنواع على الأقل، مثل الطيور المغردة، بينما سار الانتخاب لدى المفترسات في اتجاه معاكس؛[5] إذ يكون من الأسهل لها تحديد أصوات الطيور المغردة المميزة واستهدافها باعتبارها فرائس. بإمكان هذه الفرضية تفسير سبب كلٍّ من نشوء التعلم الصوتي وكونه نادرًا نسبيًّا. لكن هل يمكنها أن تفسر أيضًا سبب نشوء التعلم الصوتي لدى البشر؟ على عكس تغريد الطيور، يخدم الكلام أهدافًا دلالية في الأساس، وليس أهدافًا تتعلق بالانتخاب الجنسي. فلم يكن من الممكن أن تجعل اللغة من أسلافنا أهدافًا سهلة أمام المفترسات مثلما فعل تغريد الطيور. وينبغي لأي قصة تطورية منطقية تتناول نشأة الكلام أن تضع هذا في عين الاعتبار. رغم ذلك، ربما تكون ضغوط الانتخاب الجنسي المختلفة في الطيور المغردة والبشر قد أثرت في بعض من الجينات نفسها. فالجين FOXP2 (انظر الفصل التاسع) محفوظ جيدًا في الفقاريات. وطفرات الجين نفسه التي تضاهي تلك التي تسبب تعذُّر الأداء النطقي لدى البشر تعرقل التعلم الصوتي في الفئران وطيور الشرشور المخطط.[6] ويدخل الجين FOXP2 في التعلم الصوتي في البشر والطيور أيضًا، الأمر الذي يشير إلى وجود آليات وراثية مشتركة جزئيًّا بينهما.

قد يكون التعلم الصوتي متشابهًا وظيفيًّا في الطيور المغردة وفي البشر، لكن هذا لا يعني أن تغريد الطيور والكلام، فضلًا عن تغريد الطيور واللغة، متشابهان وظيفيًّا أيضًا. فقد أشارت الدراسات إلى أن تغريد الطيور منظَّم من الناحية التركيبية، وأن بعض

أنواع الطيور المغردة يمكنها حتى أن تتعلم البنى المتكررة في الأغاريد.[7] لكن القواعد التركيبية نظام شكلي يربط الصوت بالمعنى، ولم يثبت وجود بنية لغوية مجردة — مثل فئات العناصر الأساسية التي يمكن دمجها بحرية — أو صلات تربط الصوت بالمعنى في تغريد الطيور. على سبيل المثال، تنطوي أغاريد التزاوج في طيور القرقف الأسود الرأس على درجة من درجات البنية التوافقية،[8] وتعدَّل نداءاتها بحيث تشير إلى حجم المفترس.[9] لكن التشابه الوظيفي بين هاتين المهارتين وبين القواعد التركيبية والدلالات المرجعية لدى البشر هو مجرد تشابه فضفاض، وفي الطيور المغردة لا تتكاملان فعليًّا لإنتاج نظام تركيبي يضم إشارات مرجعية ذات بنية دلالية.[10] فماذا بشأن الرئيسيات من غير البشر؟

السلوك العصبي للتواصل الدلالي

تُعَد اللغة البشرية سمة تطورية حديثة نسبيًّا، لكنها نشأت في سياق ركيزة بيولوجية قائمة، وهي أدمغة الرئيسيات، التي لا تستطيع فقط إدراك العالم والتفاعل فيه، بل أيضًا تستطيع التعلم والتخطيط والاستدلال والتواصل وغير ذلك الكثير. والبنية الأساسية لأنظمة الإدراك والفعل في العموم هي نفسها الموجودة لدى البشر والرئيسيات الأخرى، خاصةً قردة الشمبانزي، أقرب المخلوقات إلينا، أو تتشابه معها إلى حد كبير. تمتلك قردة الشمبانزي والمكاك بنًى مشابهة للمسارات البطنية والظهرية التي تربط القشرة الصدغية والسمعية بالقشرة الجبهية السفلية، وهذا دليل على أن بنية المسار المزدوج الأساسية التي تدعم الكلام واللغة في البشر قديمة ومحفوظة بلا تغيير في بعض الرئيسيات.[11] وكلما عرفنا أكثر عن أدمغة القردة والسعادين، تبين أن التشابهات بيننا وبينهم قد تفوق الاختلافات، وذلك على نطاق تشريحي عصبي عام. لكن هذه النتائج تجعل اللغة أكثر غموضًا، لا أقل. إذن من أين تنشأ مهارتنا الفريدة مع قواعد التركيب المجردة والدلالات التركيبية إن لم تكن من بنية الدماغ، التي يبدو أننا نتشاركها بصورة كبيرة مع رئيسيات أخرى تفتقر إلى تلك المهارات؟

يستخدم كثير من أنواع الرئيسيات النداءات أو الإيماءات للإشارة إلى أحداث خارجية، مثل وجود تهديدات معينة في البيئة المحيطة، بدءًا من الحواجز التي تعوق الحركة وصولًا إلى المفترسات المحتملة على الأرض أو في الجو.[12] وإنتاج مثل هذه الإشارات التواصلية أو إدراكها ينشِّط مناطق صدغية وجبهية من الدماغ في قردة المكاك والشمبانزي، تتضمن بنًى مشابهة للتلفيف الجبهي السفلي الأيسر في البشر في النصف الأيسر من المخ.[13] إن

الإشارات التواصلية لبعض أنواع القردة والسعادين هي تسلسلات صوتية لها معانٍ محددة. إلا أن تنظيم العناصر في تسلسل يكون تنظيمًا خطيًّا وليس هرميًّا، وعلاوة على ذلك، لا يعتمد معنى تسلسل ما بصورة منهجية على معنى الأصوات الفردية.[14] وهذا يعني أن الإشارات التواصلية للرئيسيات غير البشرية تحمل معاني شمولية أو اصطلاحية فحسب، في حين يمكن تفسير العبارات أو الجمل في لغة البشر بصورة شمولية أو تركيبية (على سبيل المثال «يلقى حتفه»).[15]

إن المبدأ التركيبي يميزنا عن الرئيسيات الأخرى. قد تتشابه أدمغتنا، لكن الإشارات التواصلية التي نتبادلها ليست كذلك. فكيف يمكن حل هذه المفارقة الظاهرية؟ ثمة تفسيران محتملان لها. الأول هو فرضية سلوكية «عصبية» تركز عل الجانب العصبي؛ إذ تنص على احتمالية وجود اختلافات تشريحية عصبية أو فسيولوجية دقيقة بيننا وبين الرئيسيات غير البشرية تفسِّر الاختلافات المعرفية أو السلوكية ذات الصلة بالتواصل. وهناك العديد من الاختلافات العصبية التفسيرية المحتملة في هذا الصدد. من هذه الاختلافات دوائر التعلم الصوتي التي ناقشناها أعلاه؛ فربما كان نشوء التعلم الصوتي لدى البشر — في سياق أدمغة رئيسيات معقدة بالفعل — كافيًا لإنتاج القواعد التركيبية الهرمية كميزة إضافية «دون مقابل»، إن جاز التعبير. لكن وكما أشير من قبل، هناك فرق بين القدرة على إنتاج وإدراك أصوات معقدة في بنيتها وبين القدرة على ربطها بمعانٍ معقدة. لذا تظل التركيبية لغزًا حتى في هذا النوع من الفرضيات. ثمة رؤية أخرى تنص على أن الاختلاف التشريحي الذي يتفرد به البشر لا يشمل المناطق الجبهية، مثل دوائر إنتاج الأصوات أو دوائر تعلم الأصوات، بل يشمل بالأحرى القشرة الجدارية والصدغية الخلفية الضالعة في الدلالات المعقدة العالية المستوى.[16]

إن المبدأ التركيبي يميزنا عن الرئيسيات الأخرى. قد تتشابه أدمغتنا، لكن الإشارات التواصلية التي نتبادلها ليست كذلك. كيف يمكن حل هذه المفارقة الظاهرية؟

الفرضية الثانية فرضية «سلوكية» عصبية تركز على الجانب السلوكي. إن السلوكيات والأنظمة البيئية للبشر والرئيسيات من غير البشر مختلفة إلى حد مذهل، ليس في وقتنا الحالي فحسب (والمقارنة هنا سهلة لكنها معيبة)، بل على مدى ما يربو على مليونَي عام على الأقل. قد لا تكون القواعد التركيبية والدلالات التركيبية مسألة قدرات عقلية في نهاية الأمر. فنحن نعرف أن الرئيسيات حيوانات ذات مستوًى عالٍ من الذكاء. ربما كان الأمر

فقط أن البشر الأوائل احتلوا مواقع بيئية تطلبت تكيفات سلوكية محددة، مثل استخدام الإشارات الصوتية أو الإيمائية بصيغ ومعانٍ معقدة. قد تستثار هذه القدرة المشتركة بين أدمغة الرئيسيات وتستغَل بدرجات مختلفةٍ في الرئيسيات المختلفة؛ فالإشارات الشمولية تكفي للسعادين والقردة، لكن الإشارات التركيبية مفيدة كثيرًا في البيئة البشرية. إذن قد يكون ما يميِّز أدمغتنا — بالنسبة إلى الرئيسيات الأخرى — مقتصرًا على دوائر التعلم الصوتي الفريدة لدينا، وربما واجهات تربط هذه الدوائر بأنظمة إدراك مشتركة.

الفصل الحادي عشر

مستقبل اللغويات العصبية

غالبًا ما يكون العلماء مهتمين بتوقع الاتجاهات في مجالاتهم. والبقاء في الصدارة يُعَد عنصرًا أساسيًّا من عناصر النجاح العلمي، لكن تحقيق ذلك أمرٌ بالغ الصعوبة. فعلم الأعصاب وعلم اللغة كلاهما مجال مفكَّك ونشط نسبيًّا في الوقت الراهن، الأمر الذي يزيد من صعوبة التنبؤ بالتطورات التي ستطرأ على الجوانب المشتركة بينهما. وبدلًا من محاولة تخمين ما يمكن أن تبدو عليه اللغويات العصبية بعد مرور عدد من السنين، سأذكر بضعة اتجاهات ناشئة من المحتمل أن تشكِّل المجال في المستقبل القريب. لذا يُعَد هذا الفصل تدريبًا على الاستقراء أكثر منه على التنبؤ، بافتراض أن النزعات الراهنة ستستمر وربما ستتوسع.

من التطورات المهمة في الأبحاث الحديثة في اللغويات العصبية ما يُبذل من جهد حثيث لتجاوز المنهج التقليدي في التعيين، الذي يركِّز في الأساس على تحديد العمليات اللغوية في زمن وحيز المخ (الفصلان الثاني والثالث)، والاتجاه نحو استخدام مجالات إشارات جديدة في البيانات التجريبية لاستنتاج الآليات الفسيولوجية العصبية الكامنة وراء استخدام اللغة. لم يعد الهدف التطرق إلى الأسئلة الخاصة بمكان وتوقيت حدوث العمليات اللغوية، بل أيضًا الإجابة على الأسئلة المتعلقة بكيفية حدوثها في نهاية المطاف. تكمن البراعة في إيجاد جوانب من البيانات العصبية لا تتوافق وحسب مع خصائص المثيرات، بل تحمل فعليًّا معلومات عنها. في بيانات تصوير كهربية ومغناطيسية الدماغ، يمكن أن تمثِّل الذبذبات أحد أنواع هذه الإشارات. فالشبكات العصبية تتذبذب عند ترددات متعددة، مما يعكس إطلاقًا متزامنًا سريعًا أو بطيئًا للخلايا العصبية. ويمكن لنطاقات التردد المختلفة أن تحمل معلومات عن خصائص زمنية معينة للمثيرات؛ مثل الخصائص الإيقاعية البطيئة والسريعة لإشارات الكلام.[1] وفي بيانات التصوير بالرنين

المغناطيسي الوظيفي، ثبَت أيضًا أن أنماط التنشيط الموزَّعة عبر القشرة الدماغية تحمل معلومات عن خصائص عالية المستوى للتمثيلات الدلالية، مثل شكلها ومحتواها.[2] وهذان مجرد مثالين حديثين، وهناك كثير من الأمثلة الأخرى التي يجري العمل عليها حاليًّا في عدة مختبرات حول العالم.

تفتح القياسات المتزايدة الدقة لديناميكيات المخ والطرق الأحدث في تحليل البيانات العصبية آفاقًا لتحقيق تقدُّم تجريبي كبير في مجال علم الأعصاب. لكن في اللغويات العصبية على وجه الخصوص، لا تزال النمذجة النظرية والحاسوبية مطلوبة لتوفير الأطر الشكلية التي يمكن من خلالها تفسير نشاط المخ باعتباره دليلًا يؤيد أو يدحض وجود آليات معينة (انظر الفصل الرابع). الأمر المهم أن هذه الطرق الناشئة لا تمحو أنواع البيانات الأقدم، بل تثير تساؤلات جديدة ومُلحة، مثل كيف يمكن للمرء أن يستخدم بيانات الجهود المرتبطة بحدث والتصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي لدراسة التنظيم الداخلي لنظام اللغة، وكيف يمكن تفسير التأثيرات القوية التي نحصل عليها بهذه الإجراءات — مثل الاستجابتين N400 وP600 — في إطار الآليات العصبية التي تقف وراءها.

أحد التحولات الجذرية في علوم اللغة — مع وجود كثير من التداعيات أيضًا بالنسبة للغويات العصبية — تتعلق بفكرتنا عن اللغة باعتبارها نظامًا حاسوبيًّا ومعرفيًّا. على مدار عقود، اعتمد علماء اللغويات النفسية واللغويات العصبية رؤية عن اللغة باعتبارها تتكون في الأساس من «كلمات إضافة إلى قواعد نحوية»، باعتبار أن هذا التعريف يتوافق مع النموذج التوليدي الذي وصفناه في الفصل الأول. وكانت تلك قفزة كبيرة نحو الأمام، بدأت في خمسينيات القرن العشرين، حين كان قدرٌ كبير من علم دراسة الحبسات يركز إلى حد كبير على الكلمات الفردية دون الالتفات إلى الجمل أو الخطاب إلا بين الحين والآخر. لكن كان من المفارقة إلى حد ما أن التفسير التوليدي للغة باعتبارها نظامًا من البنى المنطقية والتركيبية القابلة للتفسير دلاليًّا لم يُستغل قط بصورة كاملة؛ على سبيل المثال، ما زلنا لا نعرف الدور المحدد الذي يلعبه المبدأ التركيبي في بنية معالجة اللغة البشرية. نحن نتمتع بالقدرة على استخلاص معاني الجمل بناءً على حصيلة «الكلمات إضافة إلى القواعد النحوية»، لكن متى وكيف تُمارَس هذه القدرة في المعالجة الفعلية للجمل؟ بات واضحًا الآن أن صورة اللغة المستوحاة من القواعد التركيبية التوليدية والدلالات التركيبية ما هي إلا دليل جزئي نحو فهم آلية اللغة في المخ.

تتبنى الدراسات التجريبية الأحدث في اللغويات النفسية جديًّا نظرية عن اللغة البشرية باعتبارها نظامًا معرفيًّا معقدًا للتواصل الموضوعي. في هذه الصورة المستجدة،

يمكن الوصول إلى معاني الكلمات عبر عدة وسائل، على نحو متزامن أو تبادلي، في حين لا تكون معاني التعبيرات المعقدة مقيَّدة بالنحو والمنطق وحسب، بل أيضًا بمبادئ مستقلة للإدراك والفعل، مثل المنطق والتداوليات. وتشيع في مجال اللغويات العصبية الآن تجارب ذات ظروف أصلح بيئيًّا، حيث أصبحت عمليات معالجة المعلومات والتفاعل المتعددة الوسائط متاحة، وكذلك دراسات تستهدف العلاقة المعقدة بين أنظمة المعنى والقواعد النحوية في المخ.[3]

ثمة تحول حديث مفاجئ في علوم المعلومات — والتي بدأت تخلف أثرًا على مجال اللغويات العصبية — وهو ظهور فهم جديد لمعالجة المعلومات في أنظمة موزَّعة، مثل الشبكات العصبية الاصطناعية والحيوية. لم يعد التركيز في هذه النماذج — التي لا يمثل التعليم العميق إلا مثالًا واحدًا عليها — على تحويل سلاسل من الرموز (المدخلات) إلى سلاسل أخرى من الرموز (مخرجات) بناءً على قواعد محددة سلفًا، وإنما على تعلم دوال التحويل تدريجيًّا بناءً على البيانات، ويصاحب ذلك عادةً تغذية راجعة أو مكافآت. تُبنى الشبكات العصبية الاصطناعية ببنًى وهياكل مختلفة (في عدد الطبقات والوحدات، على سبيل المثال)، وبيانات مدخلة مختلفة، وأنظمة تدريب مختلفة، ويكون ذلك عادةً من أجل حل مشاكل التحسين؛ فالهدف هو تعلم «أفضل» دالة لربط المدخلات بالمخرجات.

تفيد هذه الأنظمة كثيرًا في عدة مجالات هندسية، لكن ليس واضحًا ما إن كانت هذه الأنظمة تمثِّل نماذج حقيقية لآلية عمل الأدمغة والعقول. على الجانب الإيجابي، قد توفر هذه الأنظمة نماذج معالجة موزعة شبيهة بنماذج المعالجة في الدماغ، تفسر كيف تغير الأحداث الخارجية الجديدة الطريقة التي تتدفق بها المعلومات في الشبكة؛ فاللغة تنطوي بالفعل على بعض الجوانب التي يمكن اكتسابها عن طريق تعلم معالجتها عبر الاستخدام المتكرر.[4] أما على الجانب السلبي، فالدماغ لا يتعلم فحسب، بل ينمو بحيث يمكن تطوير وظائف معينة (انظر الفصول من الخامس وحتى السابع). علاوة على ذلك، يتميز الدماغ ببنية متطورة معقدة تفوق كثيرًا بنية الشبكات العصبية الراهنة (انظر الفصلين التاسع والعاشر). وهذه البنية الموجودة مسبقًا هي ما تجعل التعلم والمعالجة في المخ ممكنة وأكثر كفاءة ذهنيًّا من تحسين الدوال بالقوة الغاشمة. يعتقد بعض علماء اللغويات العصبية أن الشبكات العصبية ستحدث ثورة في المجال. بينما يعتقد آخرون أنه سيتعين إدخال كثير من التفاصيل الحيوية على تلك الأنظمة لتحويلها إلى نماذج مقبولة ومنطقية لوظائف الدماغ المعرفية.

إضافة إلى ذلك، تتغير كلٌّ من التركيبة الاجتماعية والإدراك العام لمجال اللغويات العصبية تغيرًا سريعًا. فهناك مجتمع أكثر تنوعًا الآن يقود المجال، الأمر الذي يعود بفوائد كبيرة على الأبحاث والتحقيقات العلمية التي نقوم بها. على سبيل المثال، تُمارَس اللغويات العصبية في البلدان التي يُتحدَّث فيها باللغات البديلة، وتلك أخبار سارَّة إذا ما أردنا لنظرياتنا أن تنطبق ليس على الإنجليزية فحسب، بل على بعض اللغات الأخرى (أكثرها أوروبي). أما بين عموم الناس، فهناك وعي متزايد باضطرابات الكلام أو اللغة، ونقص النمو وتلف الدماغ (انظر الفصلين الثامن والتاسع). من المهم الاستمرار في بحث هذه الحالات لضمان حصول المصابين بها على أفضل رعاية قائمة على الأدلة في المراكز الطبية وعلى التفهم الكامل لحالتهم من جانب المجتمع ككلٍّ.

يمكن للأبحاث التي تجري على اللغة في المخ أن تخبرنا إلى أي مدًى نُعَد نحن البشر (من بين أشياء أخرى) آلات مفكرة.

أخيرًا، من المحتمل أن يتزايد تأثير اللغويات العصبية على المشهد الثقافي الأعم في السنوات القادمة. قد تكون اللغة هي أحد جوانب العقل البشري القليلة التي تحظى بفرصة جيدة لتكون قابلة للميكنة في إطار خوارزمي. ويمكن للأبحاث التي تجري على اللغة في الدماغ أن تخبرنا إلى أي مدًى نُعَد نحن البشر (من بين أشياء أخرى) آلات مفكرة. ويمكن أيضًا أن تكون اللغة وسيلة سهلة ومثمرة لاستكشاف إشكالية العقل والجسد الفلسفية القديمة: كيف يمكن للعمليات العقلية أن تنبثق من الآليات العصبية الحيوية للمخ؟ قد يكون من الأسهل معالجة هذه المشكلة، ومن ثَم ربما تستحق جهودًا أكبر على المدى القصير، من خلال التركيز على دراسة اللغة مقارنة بالوعي مثلًا، أو الكثير من القدرات المعرفية الأعلى التي جذبت انتباه الفلاسفة على مدى قرون.

مسرد المصطلحات

التباس: سمة من سمات التعبير اللغوي، أن يكون له معانٍ بديلة مختلفة أو تحليلات نحوية بديلة مختلفة.

شذوذ: سمة من سمات التعبير اللغوي، بأن يكون له معنًى منحرف أو أن يكون ذا تكوين نحوي غير سليم.

حبسة: اضطراب عصبي يتسم بفقدان كلي للقدرة على إنتاج الكلام أو فهمه؛ وإن كان طفيفًا فيُسمى «فقدانًا جزئيًّا».

تعذر الأداء: اضطراب عصبي يتسم بفقدان كلي للقدرة على تنفيذ الحركات المتقنة؛ وإن كان طفيفًا فهو «تعذر جزئي للأداء».

بنية: التنظيم الوظيفي لنظام لمعالجة المعلومات، وغالبًا ما يُحدَّد بحسب المكونات أو الوحدات.

المحور العصبي: الجزء الخيطي الطويل من الخلية العصبية الذي تصل من خلاله النبضات الكهربية من جسم الخلية إلى خلايا أخرى.

خط الأساس: قياس للمتغيِّر محل الدراسة (السلوك أو نشاط المخ) قبل تدخل تجريبي أو بمعزل عنه، تقارَن على أساسه قياسات المتغير نفسه استجابةً لتعديل في مثير ما.

قياس الوقت العقلي: الدراسة التجريبية لتوقيت العمليات العقلية، مثل الوقت الذي تستغرقه للبدء بعد عرض المثير ومدتها.

عبارة: تسلسل من الكلمات سليم لغويًّا يحتوي على فاعل وخبر ويعبِّر عن فكرة أو مقترَح.

تركيبية: في النظريات الشكلية لعلم الدلالة، التركيبية هي المبدأ القائل بأن معنى تعبير معقَّد هو دالة على أجزائه المكوَّنة له وعلى الطريقة التي دُمجت بها هذه الأجزاء تركيبيًّا.

معالجة حوسبية: عملية تحويل سلاسل من الرموز القابلة للتفسير إلى سلاسل أخرى من رموز قابلة للتفسير، وهي عملية محكومة بقواعد.

توصيلية: نمط الروابط التشريحية بين أجزاء المخ المختلفة؛ تختلف «التوصيلية التشريحية» عن «التوصيلية الوظيفية» (الارتباطات الزمنية بين أجزاء المخ النشطة) و«التوصيلية الفاعلة» (التفاعلات السببية بين أجزاء المخ النشطة).

كلمة معجمية: كلمة ذات محتوًى دلالي، ويمكن أن تشير إلى أشياء أو أحداث أو سمات، مثل الأسماء والأفعال والصفات والضمائر في اللغة الإنجليزية.

الجسم الثفني: حزمة كبيرة من الألياف العصبية تحت القشرة الدماغية تربط بين شقَّي المخ الأيمن والأيسر.

القشرة الدماغية: الطبقة الخارجية الرقيقة من المخ، تتكون من مادة رمادية مطوية في طبقات.

تطور: ظهور مهارات وقدرات البالغين أثناء فترات الرضاعة والطفولة والمراهقة، بفعل عمليات التعلم والنضج.

خطاب: سلسلة مترابطة من الجمل المنطوقة أو المكتوبة أو الإشارية.

انفصال: في علم النفس العصبي، هو حقيقة أن بالإمكان حفظ بعض القدرات أو الوظائف في حين تتعرض أخرى إلى التضاؤل أو التدمير بفعل تلف الدماغ.

سمات متمايزة: هي الخصائص الأساسية للفونيمات، والتي توصف عادة بصورة ثنائية؛ إذ يفترض وجود خاصة معينة أو غيابها لكل فونيم، ويمتاز كل فونيم بمزيج فريد من السمات.

عسر القراءة: اضطراب فطري أو مكتسب ينطوي على صعوبات في قراءة الكلمات المكتوبة أو الأحرف أو الرموز الأخرى؛ ويشار إليه بمصطلح «تعذُّر القراءة» إن كان حادًّا، وكان نتيجة لتلفٍ أصاب المخ؛ وبمصطلح «حبسة الكتابة» إن كان مقتصرًا على صعوبات الكتابة.

تخطيط كهربية قشرة الدماغ: طريقة عصبية فسيولوجية لتسجيل تيارات الكهرباء في الدماغ من عدد من الأقطاب الموضوعة على سطح القشرة.

تخطيط كهربية الدماغ: طريقة عصبية فسيولوجية لتسجيل تيارات الكهرباء في الدماغ من عدد من الأقطاب الموضوعة على سطح الرأس.

جهود الدماغ المرتبطة بحدث: نوع من إشارات مخطط كهربية الدماغ المرتبطة زمنيًّا بمثيرات أو استجابات معينة.

تصميم تجريبي: بنية للتجارب تحدد كيفية ارتباط المتغيرات التي يضبطها الباحث بعضها ببعض وبمتغيرات أخرى محسوبة.

تعبير مجازي: استخدام تعبير يختلف عن معناه الحرفي أو التركيبي في استعارة على سبيل المثال.

كلمة وظيفية: كلمة تساهم في البنية النحوية، مثل أدوات التعريف والضمائر والأفعال المساعدة وأدوات الربط وحروف الجر.

التصوير بالرنين المغناطيسي الوظيفي: تقنية للتصوير تستخدم مجالات مغناطيسية عالية الكثافة لقياس التغيرات في أيض الدماغ وأدائه الوظيفي.

التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء القريبة: تقنية للتصوير تستخدم ضوء الأشعة تحت الحمراء القريبة لقياس التغيرات في أيض الدماغ وأدائه الوظيفي.

مادة رمادية: أنسجة المخ والحبل الشوكي الأكثر قتامة، والتي تتكون في الأساس من أجسام وزوائد شجرية عصبية.

تسلسل هرمي: علاقة التبعية النحوية بين مكوِّن ومكوِّن آخر مضمَّن فيه.

الشمولية: هي فكرة أن معنى تعبير ما ككلٍّ مستقل عن معاني الأجزاء المكوِّنة له.

تجانس: هو علاقة بين كلمتين أو أكثر لهما شكل متطابق (في التهجئة أو النطق أو كليهما)، ولكن مع اختلاف وانفصال في المعاني.

عبارة اصطلاحية: هو تعبير لا يستمد معناه التقليدي من معاني الأجزاء المكوِّنة له.

استدلال: هي عملية اشتقاق الاستنتاجات من المقدمات أو البيانات.

مشكلة عكسية: هي مشكلة إعادة بناء البنية السببية أو الشكلية للنظام الذي أنتجها من مجموعة من الملاحظات.

التبديل بين اللغات: عملية تبديل متحدث واحد بين لغة أو أكثر أو مجموعة متنوعة من اللغات أثناء المحادثة.

زمن الاستجابة: الزمن الذي تحدث فيه استجابة المخ منذ بدء عرض المثير.

معجم: بيان بجميع كلمات لغة ما ووحدات الشكل والمعنى الأخرى الأساسية لها (المورفيمات).

تموضع: عملية إسناد الوظائف العقلية إلى مراكزها في المخ.

التصوير المغناطيسي للدماغ: تقنية فسيولوجية عصبية لتسجيل المجالات المغناطيسية من المخ باستخدام مستشعرات فائقة التوصيل على سطح الرأس.

النضج: عملية النمو وتنظيم البنى التشريحية المقيدة وراثيًّا في الحيوانات، من بينها الجهاز العصبي.

آلية: نظام يتألف من مكونات، والتفاعلات بينها من شأنها أن تؤدي إلى ظهور وظائف أو سلوكيات محددة في نظام حيوي.

المذهب التصوري: هي نظرية ترى أن اللغة ظاهرة عقلية تُفهم في سياق عمليات سيكولوجية وعمليات عصبية حيوية في نهاية المطاف.

أيض: العمليات الكيميائية الحيوية التي تحدث في الكائن الحي من أجل تنفيذ المهام التي تتطلب طاقة، مثل معالجة المعلومات.

علم الصرف: دراسة البنى الداخلية للكلمات.

تعدد الوسائط: الانطواء على عدة وسائط حسية، مثل الرؤية أو السمع.

خلية عصبية: نوع من خلايا المخ متخصص في استقبال وإرسال النبضات الكهربية.

الإملاء: النظام المعتمد للتهجئة والكتابة في لغة ما.

محدِّد كمِّي: كلمة أو عبارة يمكن إقرانها بمركَّب اسمي لتحديد الكم النسبي الذي يجري النظر فيه، على سبيل المثال، كلمة «بعض» في عبارة «بعض الكلاب».

علم الأصوات: هو علم دراسة القواعد الجسدية والفسيولوجية لأصوات الكلام وكيفية إنتاج هذه الأصوات وإدراكها.

علم وظائف الأصوات: هو علم دراسة الفئات الأساسية لأصوات الكلام وعلاقاتها في لغات محددة وبين مختلف اللغات.

فقرة: تسلسل سليم لغويًّا من كلمة واحدة أو أكثر يمكن أن يؤدي دور مكوِّن نحوي في عبارة أو جملة.

لدونة: قدرة أجزاء من الدماغ على المرور بتغيرات بنبوية أو وظيفية استجابة لتجربة أو أحداث أخرى، مثل إصابات الدماغ.

قطبية: الإشارة السالبة أو الموجبة للتيارات الكهربية أو المجالات المغناطيسية.

تعدد المعاني: سمة من سمات التعبيرات اللغوية بأن يكون لها عدة معانٍ ذات صلة.

التصوير المقطعي بالإصدار البوزيتروني: تقنية للتصوير تستخدم الموادَّ المشعة لقياس عمليات الأيض في المخ.

التداولية: هي دراسة مبادئ استخدام اللغة والتواصل.

الاستدعاء الذاتي: تطبيق عملية شكلية على نتيجة تطبيقات العملية نفسها.

الإحالة: العلاقة الدلالية بين تعبير لغوي والكيانات التي يشير إليها.
فترة الحساسية: فترة من الحساسية الزائدة تجاه أنواع معينة من المثيرات، ينتج عنها تعلم أسرع أو أفضل في الغالب؛ يُشار إليها أيضًا بـ «الفترة الحرجة».
جملة: تسلسل سليم لغويًّا من الكلمات يحتوي على عبارة واحدة أو أكثر.
ثنائي اللغة المتزامن: شخص اكتسب لغتين أو أكثر في الوقت نفسه.
مشبك عصبي: نقطة اتصال خليتين عصبيتين، تتكون من فرجة صغيرة تمرُّ النبضات الكهربية عبرها عن طريق انتشار النواقل العصبية.
بناء الجملة: دراسة البنية الداخلية لتسلسلات سليمة لغويًّا متعددة الكلمات، مثل العبارات والفقرات والجمل.
نشاط مثبَّت زمنيًّا: نشاط المخ المتوافق زمنيًّا مع أحداث معينة مثل المثيرات.
التعدي: خاصية أن يأخذ الفعل مفاعيل مباشرة.
المادة البيضاء: أنسجة المخ والحبل الشوكي الأكثر شحوبًا، التي تتكون في الأساس من ألياف عصبية (تُسمى المحور العصبي) ومغلفة بالميالين الغمدي.

ملاحظات

الفصل الأول: مقدمة تاريخية

(1) D. P. McCabe and A. D. Castel. “Seeing Is Believing: The Effect of Brain Images on Judgments of Scientific Reasoning,” *Cognition* 107 (2008): 343–352; D. S. Weisberg, F. C. Keil, J. Goodstein, E. Rawson, and J. R. Gray, “The Seductive Allure of Neuroscience Explanations,” *Journal of Cognitive Neuroscience* 20 (2008): 470–477; P. Legrenzi and C. Umiltà, *Neuromania: On the Limits of Brain Science* (New York: Oxford University Press, 2011).

(2) W. J. M. Levelt, *A History of Psycholinguistics: The Pre-Chomskyan Era* (New York: Oxford University Press, 2012); P. Eling, “Neurolinguistics, History of,” in *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences,* 2nd ed., ed. James Wright, 16: 678–689 (Amsterdam: Elsevier, 2015); G. -J. Rutten, *The Broca-Wernicke Doctrine: A Historical and Clinical Perspective on Localization of Language Functions* (Berlin: Springer, 2017).

(3) Eling, “Neurolinguistics, History of,” 680-681.

(4) Eling, “Neurolinguistics, History of,” 681.

(5) Levelt, *A History of Psycholinguistics*, 53-58; Eling, “Neurolinguistics, History of,” 682; Rutten, *The Broca-Wernicke Doctrine*, 3-4.

(6) F. J. Gall, *Sur les Fonctions du Cerveau et sur Celles de Chacune de ses Parties* (Ballière, 1822–1825).

(7) Levelt, *A History of Psycholinguistics*, 56–59.

(8) P. Broca, "Remarques sur le Siège de la Facultè du Langage Articulè, Suivies d'une Observation d'aphémie (Perte de la Parole)," *Bulletin et Mémoires de la Société Anatomique de Paris* 6 (1861b): 330–357.

(9) P. Broca, "Perte de la Parole, Ramollissement Chronique et Destruction Partielle du Lobe Antérieur Gauche du Cerveau," *Bulletin de la Societe Anthropologique de Paris* 2 (1861a): 235–238; Broca, "Remarques sur le Siège de la Faculté du Langage Articulé"; P. Broca, "Nouvelle Observation d'aphémie Produite par une Lesion de la Moitié Postérieure des Deuxième et Troisième Circonvolutions Frontales," *Bulletin et Memoires de la Societe Anatomique de Paris* 6 (1861c): 398–407.

(10) Broca, "Nouvelle observation d'aphémie produite."

(11) Levelt, *A History of Psycholinguistics*, 88.

(12) Broca, "Perte de la Parole."

(13) C. Wernicke, C. (1874). "Der Aphasische Symptomencomplex: Eine Psychologische Studie auf Anatomischer Basis," in *Wernicke's Works on Aphasia: A Sourcebook and Review,* ed. G. H. Eggert, 91–145 (The Hague: Mouton, 1874).

(14) Broca, "Remarques sur le Siège de la Faculté du Langage Articulé."

(15) Levelt, *A History of Psycholinguistics,* 70–73.

(16) Levelt, *A History of Psycholinguistics,* 72–73.

(17) Levelt, *A History of Psycholinguistics,* 79.

(18) L. Lichtheim, "Über Aphasie," *Deutsches Archiv für Klinische Medizin* 36 (1885): 204–268. Also see L. Lichtheim, "On Aphasia," *Brain* 7 (1885): 433–484.

(19) N. Geschwind, "The Organization of Language and the Brain," *Science* 170 (1970): 940–944.

(20) F. de Saussure, *Cours de Linguistique Générale* (1916). Paris: Payot. A Sign Links "A Concept and an Acoustic Image" (Two Mental Entities). This

Idea Agrees Well with Earlier Notions Used by Neurologists and Biologists. For Example, We Find Similar Ideas in Broca ("Remarques sur le Siege de la Faculte du Langage Articule") and C. Darwin, *The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex* (1871). London: John Murray. See chapter 10.

(21) Saussure, *Cours de Linguistique Générale*.

(22) Eling, "Neurolinguistics, History of," 683.

(23) "Any Description and Classification of Aphasic Syndromes Must Begin with the Question of What Aspects of Language Are Impaired," Is the Programmatic Statement from R. Jakobson, "Two Aspects of Language and Two Types of Aphasic Disturbances," in Fundamentals of Language, *ed. R. Jakobson and M. Halle (The Hague: Mouton, 1956). For Further Discussion, See also R. Jakobson, "Towards a Linguistic Typology of Aphasic Impairments," in* Disorders of Language, *ed. A. V. S. de Reuck and M. O'Connor (Boston: Little, Brown, 1964), 21–41, and R. Jakobson, "Toward a Linguistic Classification of Aphasic Impairments,"* Selected Writings II (The Hague: Mouton, 1970).

(24) Levelt, *A History of Psycholinguistics*, 405: "Jakobson Remained an Exception in Aphasiology until the 'Cognitive Revolution.' The Field Suffered from a Persistent Lack of Linguistic Sophistication in Both Method and Theory."

(25) N. Chomsky, *Syntactic Structures* (The Hague: Mouton, 1957). See also his Papers from the 1955–1960 Period.

(26) N. Chomsky, *Aspects of the Theory of Syntax* (Cambridge, MA: MIT Press 1965).

(27) H, Gardner, *The Mind's New Science: A History of the Cognitive Revolution* (New York: Basic Books, 1987); G. A. Miller, "The Cognitive Revolution: A Historical Perspective," *Trends in Cognitive Sciences* 7 (2003): 141–144.

(28) Levelt, *A History of Psycholinguistics*, 18.

(29) J. Cohen-Cole, *The Open Mind: Cold War Politics and the Sciences of Human Nature* (Chicago: University of Chicago Press, 2014).

(30) G. A. Miller and K. O. McKean, “A Chronometric Study of Some Relations between Sentences,” *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 16 (1964): 297–308; Y. Grodzinsky, “The Neurology of Syntax: Language Use without Broca's Area,” *Behavioral and Brain Sciences* 23 (2000): 1–21.

(31) E. C. Trager, “The Field of Neurolinguistics,” *Studies in Linguistics* 15 (1961): 70–71. See also the early works by Alexander Luria and others.

(32) E. H. Lenneberg, *Biological Foundations of Language* (New York: Wiley, 1967).

(33) H. A. Whitaker, Editorial. *Brain and Language* 1 (1974): iii-iv.

(34) M. Kutas and S. A. Hillyard, “Reading Senseless Sentences: Brain Potentials Reflect Semantic Incongruity,” *Science* 207 (1980): 203–205; L. Osterhout and P. J. Holcomb, “Event-Related Brain Potentials Elicited by Syntactic Anomaly,” *Journal of Memory and Language* 31 (1992): 785–806; P. Hagoort, C. Brown, and J. Groothusen, “The Syntactic Positive Shift (SPS) as an ERP Measure of Syntactic Processing,” *Language and Cognitive Processes* 8 (1993): 439–483.

(35) M. Mather, J. T. Cacioppo, and N. Kanwisher, “Introduction to the Special Section: 20 Years of fMRI—What Has it Done for Understanding Cognition?” *Perspectives on Psychological Science* 8 (2013): 41–43.

(36) M. A. Just, P. A. Carpenter, T. A. Keller, W. F. Eddy, and K. R. Thulborn, “Brain Activation Modulated by Sentence Comprehension,” *Science* 274 (1996): 114–116.

الفصل الثاني: تعيين اللغة في زمن الدماغ

(1) This Is True in Most Circumstances, but People with Speech Disorders, for Example, Do Experience Delays between Intention and Production.

The Same Can be Said for Second-Language Learners and Some Aphasic Patients.

(2) J. Hirschberg and C. D. Manning, "Advances in Natural Language Processing," *Science* 349 (2015): 261–266.

(3) Meyer, D. E., A. M. Osman, D. E. Irwin, and S. Yantis, "Modern Mental Chronometry," *Biological Psychology* 26, nos. 1–3 (1988): 3–67.

(4) G. A. Miller and K. O. McKean, "A Chronometric Study of Some Relations between Sentences," *Quarterly Journal of Experimental Psychology* 16 (1964): 297–308.

(5) S. J. Luck and E. S. Kappenman, eds., *The Oxford Handbook of Event-Related Potential Components* (New York: Oxford University Press, 2011).

(6) J. Bickle, "Revolutions in Neuroscience: Tool Development," *Frontiers in Systems Neuroscience* 10 (2016): 24; D. Parker, "Kuhnian Revolutions in Neuroscience: The Role of Tool Development," *Biology and Philosophy* 33, no. 3 (2018): 17.

(7) W. J. Levelt, *Speaking: From Intention to Articulation* (Cambridge, MA: MIT Press, 1993); G. Hickok and D. Poeppel, "The Cortical Organization of Speech Processing," *Nature Reviews Neuroscience* 8 (2017): 393; D. B. Fry, *The Physics of Speech* (Cambridge: Cambridge University Press, 1979).

(8) P. J. Monahan, "Phonological Knowledge and Speech Comprehension," *Annual Review of Linguistics* 4 (2018): 21–47.

(9) D. Poeppel, C. Phillips, E. Yellin, H. A. Rowley, T. P. Roberts, and A. Marantz, "Processing of Vowels in Supratemporal Auditory Cortex," *Neuroscience Letters* 221 (1997): 145–148.

(10) T. H. Heinks-Maldonado, D. H. Mathalon, M. Gray, and J. M. Ford, "Fine-Tuning of Auditory Cortex during Speech Production," *Psychophysiology* 42 (2005): 180–190.

(11) D. Poeppel and P. J. Monahan, "Feedforward and Feedback in Speech Perception: Revisiting Analysis by Synthesis," *Language and Cognitive Processes* 26 (2011): 935–951.

(12) C. Phillips, T. Pellathy, A. Marantz, E. Yellin, K. Wexler, D. Poeppel, M. McGinnis, and T. Roberts, "Auditory Cortex Accesses Phonological Categories: An MEG Mismatch Study," *Journal of Cognitive Neuroscience* 12 (2000): 1038–1055; C. Phillips, "Levels of Representation in the Electrophysiology of Speech Perception," *Cognitive Science* 25 (2001): 711–731; M. T. Diaz and T. Y. Swaab, "Electrophysiological Differentiation of Phonological and Semantic Integration in Word and Sentence Contexts," *Brain Research* 1146 (2007): 85–100.

(13) V. Van Wassenhove, K. W. Grant, and D. Poeppel, "Visual Speech Speeds Up the Neural Processing of Auditory Speech," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102 (2005): 1181–1186.

(14) M. Kutas and K. D. Federmeier, "Thirty Years and Counting: Finding Meaning in the N400 Component of the Event-Related Brain Potential (ERP)," *Annual Review of Psychology* 62 (2011): 621–647.

(15) M. Kutas and S. A. Hillyard, "Reading Senseless Sentences: Brain Potentials Reflect Semantic Incongruity," *Science* 207 (1980): 203–205; M. Kutas and S. A. Hillyard, "Brain Potentials during Reading Reflect Word Expectancy and Semantic Association," *Nature* 307 (1984): 161.

(16) D. Embick, and D. Poeppel, "Towards a Computational(ist) Neurobiology of Language: Correlational, Integrated and Explanatory Neurolinguistics," *Language, Cognition and Neuroscience* 30 (2015): 357–366.

(17) Kutas and Federmeier, "Thirty Years and Counting"; G. Baggio and P. Hagoort, "The Balance between Memory and Unification in Semantics: A Dynamic Account of the N400," *Language and Cognitive Processes* 26 (2011): 1338–1367.

(18) L. Pylkkanen and A. Marantz, “Tracking the Time Course of Word Recognition with MEG,” *Trends in Cognitive Sciences* 7 (2003): 187–189.

(19) J. J. Van Berkum, “Understanding Sentences in Context: What Brain Waves Can Tell Us,” *Current Directions in Psychological Science* 17 (2008): 376–380; L. Pylkkänen, “Composition of Complex Meaning: Interdisciplinary Perspectives on the Left Anterior Temporal Lobe,” in *Neurobiology of Language,* ed. G. Hickok and S. L. Small, 621–631 (Orlando, FL: Academic Press, 2016); G. Baggio, *Meaning in the Brain* (Cambridge, MA: MIT Press, 2018).

(20) L. Osterhout and P. J. Holcomb, “Event-Related Brain Potentials Elicited by Syntactic Anomaly,” *Journal of Memory and Language* 31 (1992): 785–806; P. Hagoort, C. Brown, and J. Groothusen, “The Syntactic Positive Shift (SPS) as an ERP Measure of Syntactic Processing,” *Language and Cognitive Processes* 8 (1993): 439–483.

(21) The answer is *was.* This ERP result is from L. Osterhout and P. J. Holcomb, “Event-Related Brain Potentials Elicited by Syntactic Anomaly,” *Journal of Memory and Language* 31 (1992): 785–806.

(22) P. Hagoort, “How the Brain Solves the Binding Problem for Language: A Neurocomputational Model of Syntactic Processing,” *NeuroImage* 20 (2003); S18–S29; A. D. Friederici, “Towards a Neural Basis of Auditory Sentence Processing,” *Trends in Cognitive Sciences* 6 (2002), 78–84.

(23) A. Kim and L. Osterhout, “The Independence of Combinatory Semantic Processing: Evidence from Event-Related Potentials,” *Journal of Memory and Language* 52 (2005): 205–225; G. R. Kuperberg, “Neural Mechanisms of Language Comprehension: Challenges to Syntax,” *Brain Research* 1146 (2007): 23–49; O. Michalon and G. Baggio, “Meaning-Driven Syntactic Predictions in a Parallel Processing Architecture: Theory and Algorithmic Modeling of ERP Effects,” *Neuropsychologia* 131 (2019): 171–183.

(24) S. Crain and M. Steedman, “On Not Being Led Up the Garden Path: The Use of Context by the Syntactic Processor,” in *Natural Language Parsing: Psychological, Computational and Theoretical Perspectives,* eds. David R. Dowty, Arnold Zwicky, and Lauri Karttunen (Cambridge: Cambridge University Press, 1985).

(25) Friederici, “Towards a Neural Basis”; Hagoort, “How the Brain Solves the Binding Problem”; K. Steinhauer and J. E Drury, “On the Early Left-Anterior Negativity (ELAN) in Syntax Studies,” *Brain and Language* 120 (2012): 135–162.

(26) For a recent study, see L. A. Fromont, K. Steinhauer, and P. Royle, “Verbing Nouns and Nouning Verbs: Using a Balanced Design Provides ERP Evidence against ‘Syntax-First’ Approaches to Sentence Processing,” *PLoS One* 15 (2020): e0229169.

الفصل الثالث: تعيين اللغة في حيز الدماغ

(1) J. A. Fodor, “Diary,” *London Review of Books* 21 (1999): 68–69, https://www .lrb.co.uk/v21/n19/jerry-fodor/diary.

(2) S. Dehaene and L. Cohen, “Cultural Recycling of Cortical Maps,” *Neuron* 56 (2007): 384–398.

(3) N. K. Logothetis, J. Pauls, M. Augath, T. Trinath, and A. Oeltermann, “Neurophysiological Investigation of the Basis of the fMRI Signal,” *Nature, 412* (2001): 150; N. K. Logothetis, “The Ins and Outs of fMRI Signals,” *Nature Neuroscience* 10 (2007): 1230.

(4) H. H. Clark, *Using Language* (Cambridge: Cambridge University Press, 1996); P. Hagoort, “The Neurobiology of Language beyond Single-Word Processing,” *Science* 366 (2019): 55–58.

(5) G. Baggio, *Meaning in the Brain* (Cambridge, MA: MIT Press, 2018).

(6) Wernicke’s area, according to standard, classical definitions, is approxi-mately the posterior half or third of the STG. Functionally, it is

a larger portion of temporal cortex if one defines it as the region that, when damaged, will yield Wernicke's aphasia. On this view, Wernicke's area would be a bigger region than shown in the figure.

(7) E. F. Chang, J. W. Rieger, K. Johnson, M. S. Berger, N. M. Barbaro, and R. T. Knight, "Categorical Speech Representation in Human Superior Temporal Gyrus," *Nature Neuroscience* 13 (2010): 1428; A. Flinker, E. F. Chang, N. M., Barbaro, M. S. Berger, and R. T. Knight, "Centimeter Language Organization in the Human Temporal Lobe," *Brain and Language* 117 (2011): 103–109; H. G. Yi, M. K. Leonard, and E. F. Chang, "The Encoding of Speech Sounds in the Superior Temporal Gyrus," *Neuron* 102 (2019): 1096–1110.

(8) J. P. Rauschecker and S. K. Scott, "Maps and Streams in the Auditory Cortex: Nonhuman Primates Illuminate Human Speech Processing," *Nature Neuroscience* 12 (2009): 718.

(9) P. W. Hullett, L. S. Hamilton, N. Mesgarani, C. E. Schreiner, and E. F. Chang, "Human Superior Temporal Gyrus Organization of Spectrotemporal Modulation Tuning Derived from Speech Stimuli," *Journal of Neuroscience* 36 (2016): 2014–2026; L. S. Hamilton, E. Edwards, and E. F. Chang, "A Spatial Map of Onset and Sustained Responses to Speech in the Human Superior Temporal Gyrus," *Current Biology* 28 (2018): 1860–1871; K. Jasmin, C. F. Lima, and S. K. Scott, "Understanding Rostral–Caudal Auditory Cortex Contributions to Auditory Perception," *Nature Reviews Neuroscience* 20 (2019): 425–434; D. Poeppel, "The Analysis of Speech in Different Temporal Integration Windows: Cerebral Lateralization as 'Asymmetric Sampling in Time,'" *Speech Communication* 41 (2003): 245–255; K. Okada, F. Rong, J. Venezia, W. Matchin, I. H. Hsieh, K. Saberi, J. T. Serences, and G. Hickok, "Hierarchical Organization of Human Auditory Cortex: Evidence from Acoustic Invariance in the Response to Intelligible Speech," *Cerebral Cortex* 20 (2010): 2486–2495.

(10) J. Binder, “The New Neuroanatomy of Speech Perception,” *Brain* 123 (2000): 2371–2372; J. R. Binder, “The Wernicke Area: Modern Evidence and a Reinterpretation,” *Neurology* 85 (2015): 2170–2175; J. R. Binder, “Current Controversies on Wernicke’s Area and Its Role in Language,” *Current Neurology and Neuroscience Reports* 17 (2017): 58; Gregory Hickok Reviews the Evidence Here: https://youtu.be/ShtQVAsfhSQ.

(11) J. M. Rodd, M. H. Davis, and I. S. Johnsrude, “The Neural Mechanisms of Speech Comprehension: fMRI Studies of Semantic Ambiguity,” *Cerebral Cortex 15* (2005): 1261–1269; P. Hagoort, G. Baggio, and R. M. Willems, “Semantic Unification,” in *The Cognitive Neurosciences,* 4th ed., ed. Michael S. Gazzaniga, 819–836 (Cambridge, MA: MIT Press, 2009).

(12) G. Hickok and D. Poeppel, “The Cortical Organization of Speech Processing,” *Nature Reviews Neuroscience* 8 (2007): 393; D. Ben Shalom and D. Poeppel, “Functional Anatomic Models of Language: Assembling the Pieces,” *Neuroscientist* 14 (2008): 119–127; Hagoort et al., “Semantic Unification”; D. Poeppel, K. Emmorey, G. Hickok, and L. Pylkkänen, “Towards a New Neurobiology of Language,” *Journal of Neuroscience* 32 (2012): 14125–14131.

(13) M. MacSweeney, R. Campbell, B. Woll, M. J. Brammer, V. Giampietro, A. S. David, G. A. Calvert, and P. K. McGuire, “Lexical and Sentential Processing in British Sign Language,” *Human Brain Mapping* 27 (2006): 63–76; D. Poeppel, K. Emmorey, G. Hickok, and L. Pylkkänen, “Towards a New Neurobiology of Language,” *Journal of Neuroscience* 32 (2012): 14125–14131.

(14) E. F., Lau, C. Phillips, and D. Poeppel, “A Cortical Network for Semantics: (De)Constructing the N400,” *Nature Reviews Neuroscience* 9 (2008): 920.

(15) M. A. L., Ralph, E. Jefferies, E., K. Patterson, and T. T. Rogers, ‘The Neural and Computational Bases of Semantic Cognition,” *Nature Reviews*

Neuroscience 18 (2017): 42–45; L. Pylkkänen, “The Neural Basis of Combinatory Syntax and Semantics,” *Science* 366 (2019): 62–66.

(16) S. B. Eickhoff, S. Heim, K. Zilles, and K. Amunts, “A Systems Perspective on the Effective Connectivity of Overt Speech Production,” *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 367 (2009): 2399–2421; N. Janssen and C. C. R. Mendieta, “The Dynamics of Speech Motor Control Revealed with Time-Resolved fMRI,” *Cerebral Cortex* 30, no. 1 (2019): 241–255; N. T. Sahin, S. Pinker, S. S. Cash, D. Schomer, and E. Halgren, “Sequential Processing of Lexical, Grammatical, and Phonological Information within Broca's Area,” *Science* 326 (2009): 445–449; P. Hagoort and W. J. Levelt, “The Speaking Brain,” *Science* 326 (2009): 372–373.

(17) M. A. Just, P. A. Carpenter, T. A. Keller, W. F. Eddy, and K. R. Thulborn, ‘Brain Activation Modulated by Sentence Comprehension,” *Science* 274 (1996): 114–116; D. Embick, A. Marantz, Y. Miyashita, W. O'Neil, and K. L. Sakai, “A Syntactic Specialization for Broca's Area,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 97 (2000): 6150–6154.

(18) M. Catani, D. K. Jones, and D. H. Ffytche, “Perisylvian Language Networks of the Human Brain,” *Annals of Neurology* 57 (2005): 8–16; D. Saur, B. W. Kreher, S. Schnell, D. Kümmerer, P. Kellmeyer, M. S. Vry, R. Umarova, M. Musso, V. Glauche, S. Abel, and W. Huber, “Ventral and Dorsal Pathways for Language,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 105 (2008): 18035–18040; A. *D. Friederici, Language in Our Brain: The Origins of a Uniquely Human Capacity (Cambridge, MA: MIT Press, 2017).*

(19) N. Mesgarani, C. Cheung, K. Johnson, and E. F. Chang, “Phonetic Feature Encoding in Human Superior Temporal Gyrus,” *Science* 343 (2014): 1006–1010. See also E. F. Chang, J. W. Rieger, K. Johnson, M. S. Berger, N. M. Barbaro, and R. T. Knight, “Categorical Speech Representation in Human Superior Temporal Gyrus,” *Nature Neuroscience* 13 (2010): 1428.

(20) E. Zaccarella, L. Meyer, M. Makuuchi, and A. D. Friederici, "Building by Syntax: The Neural Basis of Minimal Linguistic Structures," *Cerebral Cortex* 27 (2017): 411–421; A. D. Friederici, N. Chomsky, R. C. Berwick, A. Moro, and J. J. Bolhuis, "Language, Mind and Brain," *Nature Human Behaviour* 1 (2017): 713–722; E. Zaccarella, M. Schell, and A. D. Friederici, "Reviewing the Functional Basis of the Syntactic Merge Mechanism for Language: A Coordinate-Based Activation Likelihood Estimation Meta-Analysis," *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 80 (2017): 646–656.

(21) T. M. Snijders, T. Vosse, G. Kempen, J. J. Van Berkum, K. M. Petersson, and P. Hagoort, "Retrieval and Unification of Syntactic Structure in Sentence Comprehension: An fMRI Study Using Word-Category Ambiguity," *Cerebral Cortex* 19 (2008), 1493–1503; Z. Zhu, P. Hagoort, J. X. Zhang, G. Feng, H. C. Chen, M. Bastiaansen, and Z. Wang, "The Anterior Left Inferior Frontal Gyrus Contributes to Semantic Unification," *NeuroImage* 60 (2012): 2230–2237.

(22) M. Ben-Shachar, D. Palti, and Y. Grodzinsky, "Neural Correlates of Syntactic Movement: Converging Evidence from Two fMRI Experiments," *NeuroImage* 21 (2004), 1320–1336.

(23) C. Rogalsky and G. Hickok, "The Role of Broca's Area in Sentence Comprehension," *Journal of Cognitive Neuroscience* 23 (2011): 1664–1680.

(24) Y. Grodzinsky and A. Santi, "The Battle for Broca's Region," *Trends in Cognitive Sciences* 12 (2008): 474–480; R. M. Willems and P. Hagoort, "Broca's Region: Battles Are Not Won by Ignoring Half of the Facts," *Trends in Cognitive Sciences* 13 (2009): 101.

(25) Pylkkänen, "The Neural Basis of Combinatory Syntax and Semantics."

(26) P. Hagoort and S. C. Levinson, "Neuropragmatics," in *The Cognitive Neurosciences,* 667–674 (Cambridge, MA: MIT Press, 2014); P. Hagoort and

P. Indefrey, “The Neurobiology of Language beyond Single Words,” *Annual Review of Neuroscience* 37 (2014): 347–362; Baggio, *Meaning in the Brain.*

(27) A. M. Rapp, D. E. Mutschler, and M. Erb, “Where in the Brain Is Non-Literal Language? A Coordinate-Based Meta-Analysis of Functional Magnetic Resonance Imaging Studies,” *NeuroImage* 63 (2012): 600–610; I. C. Bohrn, U. Altmann, and A. M. Jacobs, “Looking at the Brains behind Figurative Language—A Quantitative Meta-Analysis of Neuroimaging Studies on Metaphor, Idiom, and Irony Processing,” *Neuropsychologia* 50 (2012): 2669–2683.

الفصل الرابع: نماذج اللغة في الدماغ

(1) B. C. Van Fraassen, *Scientific Representation: Paradoxes of Perspective* (New York: Oxford University Press, 2010).

(2) K. R. Popper, “Science as Falsification,” *Conjectures and Refutations* 1 (1963): 33–39; I. Lakatos, “Criticism and the Methodology of Scientific Research Programmes,” *Proceedings of the Aristotelian Society* 69 (1968): 149–86; I. Lakatos, ‘Falsification and the Methodology of Scientific Research Programmes,” in *Can Theories Be Refuted?,* ed. Sandra G. Harding, 205–259 (Dordrecht: Springer, 1976); D. Deutsch, *The Beginning of infinity: Explanations That Transform the World* (London: Penguin UK, 2011).

(3) D. Marr, *Vision: A Computational investigation into the Human Representation and Processing of Visual information* (Cambridge, MA: MIT Press, 2010).

(4) R. Jackendoff, *Foundations of Language: Brain, Meaning, Grammar, Evolution* (New York: Oxford University Press, 2002); P. W. Culicover and R. Jackendoff, *Simpler Syntax* (New York: Oxford University Press, 2005), and “The Simpler Syntax Hypothesis,” *Trends in Cognitive Sciences* 10 (2006):

413–418; G. R. Kuperberg, "Neural Mechanisms of Language Comprehension: Challenges to Syntax," *Brain Research* 1146 (2007): 23–49; G. Baggio, *Meaning in the Brain* (Cambridge, MA: MIT Press, 2018).

(5) G. Lakoff, *Women, Fire, and Dangerous Things* (Chicago: University of Chicago Press, 2008); H. Kamp, J. Van Genabith, and U. Reyle, "Discourse Representation Theory," in *Handbook of Philosophical Logic*, eds. Dov Gabbay and Franz Guenthner 125–394 (Berlin: Springer, 2011); L. Horn, "Implicature," in *Routledge Companion to Philosophy of Language,* ed. Delia Graff Fara and Gillian Russell, 75–88 (New York: Routledge, 2013); R. Stalnaker, *Context* (New York: Oxford University Press, 2014).

(6) W. J. Levelt, *A History of Psycholinguistics: The Pre-Chomskyan Era* (New York: Oxford University Press, 2013).

(7) P. Warren, *Introducing Psycholinguistics* (Cambridge: Cambridge University Press, 2012); G. Altmann, "Ambiguity, Parsing Strategies, and Computational Models," *Language and Cognitive Processes* 3 (1988): 73–97; G. T. Altmann, 'The Language Machine: Psycholinguistics in Review," *British Journal of Psychology* 92 (2001): 129–170.

(8) F. Ferreira, K. G., Bailey, and V. Ferraro, "Good-Enough Representations in Language Comprehension," *Current Directions in Psychological Science* 11 (2002): 11-15; M. H. Christiansen and N. Chater, *Creating Language: Integrating Evolution, Acquisition, and Processing* (Cambridge, MA: MIT Press, 2016).

(9) For a discussion, see I. Bornkessel-Schlesewsky and M. Schlesewsky, "Sentence Processing: Toward a Neurobiological Approach," in *The Oxford Handbook of Neurolinguistics,* ed. Niels O. Schiller and Greig I. de Zubicaray, 676–709 (New York: Oxford University Press, 2019).

(10) A. D. Friederici, *Language in our Brain: The Origins of a Uniquely Human Capacity* (Cambridge, MA: MIT Press, 2017).

(11) Some points of contact are discussed in A. D. Friederici, N. Chomsky, R. C. Berwick, A. Moro, and J. J. Bolhuis, “Language, Mind and Brain,” *Nature Human Behaviour* 1 (2017): 713–722.

(12) P. Hagoort, “On Broca, Brain, and Binding: A New Framework,” *Trends in Cognitive Sciences* 9 (2005): 416–423, and “MUC (Memory, Unification, Control): A Model on the Neurobiology of Language beyond Single Word Processing,” in *Neurobiology of Language*, ed. Gregory Hickok and Steven L. Small, 339–347 (Orlando, FL: Academic Press, 2016).

(13) H. D. Xiang, H. M.Fonteijn, D. G. Norris, and P. Hagoort, “Topographical Functional Connectivity Pattern in the Perisylvian Language Networks,” *Cerebral Cortex* 20 (2009), 549–560.

(14) E. C. Ferstl, J. Neumann, C. Bogler, and D. Y. Von Cramon, “The Extended Language Network: A Meta-Analysis of Neuroimaging Studies on Text Comprehension,” *Human Brain Mapping* 29 (2008): 581–593; I. C. Bohrn, U. Altmann, and A. M. Jacobs, “Looking at the Brains behind Figurative Language—A Quantitative Meta-Analysis of Neuroimaging Studies on Metaphor, Idiom, and Irony Processing,” *Neuropsychologia* 50 (2012), 2669–2683; A. M. Rapp, D. E. Mutschler, and M. Erb, “Where in the Brain Is Nonliteral Language? A Coordinate-Based Meta-Analysis of Functional Magnetic Resonance Imaging Studies,” *Neuroimage* 63 (2012): 600–610; P. Hagoort and P. Indefrey, “The Neurobiology of Language beyond Single Words,” *Annual Review of Neuroscience* 37 (2014): 347–362; Baggio, *Meaning in the Brain.*

(15) R. Jackendoff, *Foundations of Language: Brain, Meaning, Grammar, Evolution* (New York: Oxford University Press, 2002); Baggio, *Meaning in the Brain*.

(16) G. Hickok and D. Poeppel, “Dorsal and Ventral Streams: A Framework for Understanding Aspects of the Functional Anatomy of Language,”

Cognition 92, nos. 1–2 (2004): 67–99; G. Hickok and D. Poeppel, “The Cortical Organization of Speech Processing,” *Nature Reviews Neuroscience* 8 (2007): 393.

(17) D. Poeppel, K. Emmorey, G. Hickok, and L. Pylkkänen, “Towards a New Neurobiology of Language,” *Journal of Neuroscience* 32 (2012): 14125–14131.

(18) E. Jonas and K. P. Kording, “Could a Neuroscientist Understand a Microprocessor?” *PLoS Computational Biology* 13 (2017): e1005268. For an Early Discussion of Computational Models in Neurolinguistics, see M. A. Arbib and D. Caplan, “Neurolinguistics Must Be Computational,” *Behavioral and Brain Sciences* 2 (1979): 449–460 (See Also the Commentary Section).

(19) On Composition, See A. E. Martin and L. A. Doumas, “A Mechanism for the Cortical Computation of Hierarchical Linguistic Structure,” *PLoS Biology* 15 (2017): e2000663; A. E. Martin and L. A. Doumas, “Predicate Learning in Neural Systems: Using Oscillations to Discover Latent Structure,” *Current Opinion in Behavioral Sciences* 29 (2019): 77–83; A. E. Martin and G. Baggio, Modeling Meaning Composition from Formalism to Mechanisms,” *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 375 (2019): 20190298.

الفصل الخامس: نمو شبكات اللغة

(1) G. F. Marcus, S. Pinker, M. Ullman, M. Hollander, T. J. Rosen, F. Xu, and H. Clahsen, “Overregularization in Language Acquisition,” *Monographs of the Society for Research in Child Development* 57 (1992): i, iii, v–vi, 1–178.

(2) R. Ruhland and P. van Geert, “Jumping into Syntax: Transitions in the Development of Closed Class Words,” *British Journal of Developmental Psychology* 16 (1998): 65–95.

(3) For example, See the Speech and Language Developmental Milestones of the US National Institutes of Health: www.nidcd.nih.gov/health/speech-and-language.

(4) According to a Recent Estimate, "The Average English-Speaking Adult Has Learned 12.5 Million Bits of Information [Less than 1.5 Megabytes], the Majority of which Is Lexical Semantics"; F. Mollica and S. T. Piantadosi, "Humans Store about 1.5 Megabytes of Information during Language Acquisition," *Royal Society Open Science 6 (2019): 181393.*

(5) The Fact That This Is Not How Computers and Programming Work Suggests, Again, That the Computing Metaphor Is Not Quite Right as a Model of the Mind.

(6) P. K. Kuhl, "Early Language Acquisition: Cracking the Speech Code," *Nature Reviews Neuroscience* 5 (2004): 831–843; P. K. Kuhl, "Brain Mechanisms in Early Language Acquisition," *Neuron* 67 (2010): 713–727.

(7) G. Dehaene-Lambertz and E. S. Spelke, "The Infancy of the Human Brain," *Neuron* 88 (2015): 93–109; A. D. Friederici, "Neurophysiological Markers of Early Language Acquisition: From Syllables to Sentences," *Trends in Cognitive Sciences* 9 (2005): 481–488; Kuhl, "Early Language Acquisition."

(8) R. A. Thompson and C. A. Nelson, "Developmental Science and the Media: Early Brain Development," *American Psychologist* 56 (2001): 5; G. Dehaene-Lambertz, L. Hertz-Pannier, and J. Dubois, "Nature and Nurture in Language Acquisition: Anatomical and Functional Brain-Imaging Studies in Infants," *Trends in Neuroscience* 29 (2006): 367–373; G. Dehaene-Lambertz, L. Hertz-Pannier, J. Dubois, and S. Dehaene, "How Does Early Brain Organization Promote Language Acquisition in Humans?" *European Review* 16 (2008): 399–411.

(9) Y. Zhang, P. K. Kuhl, T. Imada, M. Kotani, and Y. I. Tohkura, “Effects of Language Experience: Neural Commitment to Language-Specific Auditory Patterns,” *Neuroimage* 26 (2005): 703–720; P. Kuhl and M. Rivera-Gaxiola, Neural Substrates of Language Acquisition,” *Annual Review of Neuroscience* 31 (2008) : 511–534.

(10) E. Bergelson and D. Swingley, “At 6-9 Months, Human Infants Know the Meanings of Many Common Nouns,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109 (2012): 3253–3258; E. Bergelson and R. N. Aslin, “Nature and Origins of the Lexicon in 6-Mo-Olds,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114 (2017): 12916–12921.

(11) Z. Káldy and N. Sigala, ‘The Neural Mechanisms of Object Working Memory: What Is Where in the Infant Brain?” *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 28 (2004): 113–121; K. Grill-Spector, G. Golarai, and J. Gabrieli, “Developmental Neuroimaging of the Human Ventral Visual Cortex,” *Trends in Cognitive Sciences* 12 (2008): 152–162; L. B. Smith, “It's All Connected: Pathways in Visual Object Recognition and Early Noun Learning,” *American Psychologist* 68 (2013): 618.

(12) A. Qiu, S. Mori, and M. I. Miller, “Diffusion Tensor Imaging for Under-standing Brain Development in Early Life,” *Annual Review of Psychology* 66 (2015): 853–876.

(13) M. Frank, M., Braginsky, D. Yurovsky and V. Marchman, *Variability and Consistency in Early Language Learning: The Wordbank Project* (Cambridge, MA: MIT Press, 2021). See also http://wordbank.stanford.edu.

(14) J. Franck, S. Millotte, A. Posada, and L. Rizzi, “Abstract Knowledge of Word Order by 19 Months: An Eye-Tracking Study,” *Applied Psycholinguistics* 34 (2013): 323–336.

(15) See, among Others, G. F. Marcus, S. Vijayan, S. B. Rao, and P. M. Vishton, “Rule Learning by Seven-Month-Old Infants,” *Science* 283 (1999):

77–80; J. Gervain, M. Nespor, R. Mazuka, R. Horiem, and J. Mehler, "Bootstrapping Word Order in Prelexical Infants: A Japanese-Italian Cross-Linguistic Study," *Cognitive Psychology* 1 (2008): 56–74; J. Gervain, and J. F. Werker, "Prosody Cues Word Order in 7-Month-Old Bilingual Infants," *Nature Communications* 4 (2013): 1490; S. Benavides-Varela and J. Gervain, "Learning Word Order at Birth: A NIRS Study," *Developmental Cognitive Neuroscience* 25 (2017): 198–208.

(16) S. R. Waxman and D. B. Markow, "Words as Invitations to Form Categories: Evidence from 12-to 13-Month-Old Infants," *Cognitive Psychology* 29 (1995): 257–302; B. Höhle, J. Weissenborn, D. Kiefer, A. Schulz, and M. Schmitz, 'Functional Elements in Infants' Speech Processing: The role of Determiners in the Syntactic Categorization of Lexical Elements," *Infancy* 5 (2004): 341–353; Y. Kedar, M. Casasola, and B. Lust, "Getting There Faster: 18-and 24 Month-Old Infants' Use of Function Words to Determine Reference," *Child Development* 77 (2006): 325–338; A. Christophe, S. Millotte, S Bernal, and J. Lidz, "Bootstrapping Lexical and Syntactic Acquisition," *Language and Speech* 51 (2008): 61–75.

(17) R. Jackendoff, "A Parallel Architecture Perspective on Language Processing," *Brain Research* 1146 (2007): 2–22.

(18) E. Morgan, A. van der Meer, M. Vulchanova, D. E. Blasi, and G. Baggio, Meaning before Grammar: A Review of ERP Experiments on the Neurodevelopmental Origins of Semantic Processing," *Psychonomic Bulletin and Review* 27 (2020): 441–464.

الفصل السادس: الدماغ وازدواج اللغة

(1) F. Grosjean, "Neurolinguists, Beware! The Bilingual Is Not Two Monolinguals in One Person," *Brain and Language* 36 (1989): 3–15.

(2) F. Grosjean, *Studying Bilinguals* (New York: Oxford University Press, 2008).

(3) E. L Newport, D. Bavelier, and H. J. Neville, “Critical Thinking about Critical Periods: Perspectives on a Critical Period for Language Acquisition,” in *Language, Brain and Cognitive Development: Essays in Honor of Jacques Mehler,* ed. E. Dupoux, 481–502 (Cambridge, MA: MIT Press, 2001); M. S. Thomas and M. H. Johnson, “New Advances in Understanding Sensitive Periods in Brain Development,” *Current Directions in Psychological Science* 17 (2008): 1–5.

(4) E. I. Knudsen, “Sensitive Periods in the Development of the Brain and Behavior,” *Journal of Cognitive Neuroscience* 16 (2004): 1412–1425; H. B. Uylings, ‘Development of the Human Cortex and the Concept of ‘Critical’ or ‘Sensitive’ Periods,” *Language Learning* 56 (2006): 59–90.

(5) Newport et al. “Critical Thinking about Critical Periods”; H. J. Neville, H. J., D. L. Mills, and D. S. Lawson, “Fractionating Language: Different Neural Subsystems with Different Sensitive Periods,” *Cerebral Cortex* 2 (1992): 244–258; R. Slabakova, “Is There a Critical Period for Semantics?” *Second Language Research* 22 (2006): 302–338; J. Rothman, “Why All Counter-Evidence to the Critical Period Hypothesis in Second Language Acquisition Is Not Equal or Problematic,” *Language and Linguistics Compass* 2 (2008): 1063–1088.

(6) Thomas and Johnson, “New Advances in Understanding”; A. E. Hernandez, *The Bilingual Brain* (New York: Oxford University Press, 2013); S. Sulpizio, N. Del Maschio, D. Fedeli, and J. Abutalebi, “Bilingual Language Processing: A Meta-Analysis of Functional Neuroimaging Studies,” *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 108 (2020): 834–853.

(7) L. Osterhout, A. Poliakov, K. Inoue, J. McLaughlin, G. Valentine, I. Pit- kanen, C. Frenck-Mestre, and J. Hirschensohn, “Second-Language Learning and Changes in the Brain,” *Journal of Neurolinguistics* 21 (2008): 509–521.

(8) D. Klein, K. Mok, J. K. Chen, and K. E. Watkins, “Age of Language Learning Shapes Brain Structure: A Cortical Thickness Study of Bilingual and Monolingual Individuals,” *Brain and Language* 131 (2014): 20–24.

(9) Sulpizio et al., “Bilingual Language Processing.”

(10) C. D. Martin, B. Dering, E. M. Thomas, and G. Thierry, “Brain Potentials Reveal Semantic Priming in Both the ‘Active’ and the ‘Non-Attended’ Language of Early Bilinguals,” *NeuroImage* 47 (2009): 326–333.

(11) J. Abutalebi and D. Green, “Bilingual Language Production: The Neurocognition of Language Representation and Control,” *Journal of Neurolinguistics* 20 (2007): 242–275; Hernandez, *The Bilingual Brain;* C. Reverberi, A. K. Kuhlen, S. Seyed-Allaei, R. S. Greulich, A. Costa, J. Abutalebi, and J. D. Haynes, “The Neural Basis of Free Language Choice in Bilingual Speakers: Disentangling Language Choice and Language Execution,” *NeuroImage* 177 (2018): 108–116.

(12) A. S. Dick, N. L. Garcia, S. M. Pruden, W. K. Thompson, S. W. Hawes, M. T. Sutherland, M. C. Riedel, A. R. Laird, and R. Gonzalez, “No Evidence for a Bilingual Executive Function Advantage in the ABCD Study,” *Nature Human Behaviour* 3 (2019): 692–701.

(13) E. Bialystok, F. I. Craik, and G. Luk, “Bilingualism: Consequences for Mind and Brain,” *Trends in Cognitive Sciences* 16 (2012): 240–250.

الفصل السابع: الدماغ وتعلم القراءة والكتابة

(1) UNESCO Institute for Statistics Global Databases, 2019.

(2) S. Dehaene, *Reading in the Brain: The New Science of How We Read* (New York: Penguin, 2009).

(3) Hemianopia is a loss of vision in half of the visual field. Because Incoming Light Is Projected by the Lens of Each Eye such that Visual Field Images Are Inverted, the Left Half of Each Retina Receives Light from the

Right Visual Field, and Vice Versa. The Left Half of Each Retina Is Connected to the Left Occipital (Visual) Cortex, and the Right Halves Are Wired up to the Right Occipital Cortex. A Right Hemianopia Results from Damage to the Left Visual Cortex, and Vice Versa for a Left Hemianopia. See N. Geschwind, "The Anatomy of Acquired Disorders of Reading," in *Selected Papers on Language and the Brain*, ed. Norman Geschwind, 1–17 (Berlin: Springer, 1974).

(4) W. J. M. Levelt, *A History of Psycholinguistics: The Pre-Chomskyan Era* (New York: Oxford University Press, 2012.)

(5) Dehaene, *Reading in the Brain*.

(6) The Posterior Lesion Is Most Likely to Produce a Generalized Impairment of Reading, as This Area Is Involved in Processing all Types of Letter-Like Stimuli: If There Is Damage to the Posterior Fusiform Gyrus, Signals from Occipital Cortex Cannot Access Abstract Orthographic Representations. The Anterior Lesion Will Instead Damage only or Primarily N-Gram or Word Representations, Sparing the Patient's Ability to Recognize Letters and Engage in Letter-by-Letter Reading.

(7) S. Epelbaum, P. Pinel, R. Gaillard, C. Delmaire, M. Perrin, S. Dupont, S. Dehaene, and L. Cohen, "Pure Alexia as a Disconnection Syndrome: New Diffusion Imaging Evidence for an Old Concept," *Cortex* 44 (2008): 962–974.

(8) J. V. Baldo, N. Kacinik, C. Ludy, S. Paulraj, A. Moncrief, V. Piai, B. Curran, T. Herron, and N. F. Dronkers, "Voxel-Based Lesion Analysis of Brain Regions Underlying Reading and Writing," *Neuropsychologia* 115 (2018): 51–59.

(9) Dehaene, *Reading in the Brain*.

(10) B. D. McCandliss, L. Cohen, and S. Dehaene, "The Visual Word Form Area: Expertise for Reading in the Fusiform Gyrus," *Trends in Cognitive Sciences* 7 (2003): 293–299.

(11) S. Dehaene, S., F. Pegado, L. W. Braga, P. Ventura, G. Nunes Filho, A. Jobert, G. Dehaene-Lambertz, R. Kolinsky, J. Morais, and L. Cohen, “How Learning to Read Changes the Cortical Networks for Vision and Language,” *Science* 330 (2010): 1359–1364.

(12) S. Dehaene, L. Cohen, J., Morais, and R. Kolinsky, “Illiterate to Literate: Behavioural and Cerebral Changes Induced by Reading Acquisition,” *Nature Reviews Neuroscience* 16 (2015): 234–244.

(13) W. P. Morgan, “A Case of Congenital Word Blindness,” *British Medical Journal* 2 (1896): 1378.

(14) G. Silani, G., U. Frith, J. F. Demonet, F. Fazio, D. Perani, C. Price, C. D. Frith, and E. Paulesu, “Brain Abnormalities Underlying Altered Activation in Dyslexia: A Voxel Based Morphometry Study,” *Brain* 128 (2005): 2453–2461; U. Kuhl, N. E. Neef, I. Kraft, G. Schaadt, L. Dörr, J. Brauer, I. Czepezauer, B. Müller, A. Wilcke, H. Kirsten, F. Emmrich, J. Boltze, A. D. Friederici, and M. A. Skeide, “The Emergence of Dyslexia in the Developing Brain,” *NeuroImage* 211 (2020): 116633.

الفصل الثامن: علم اللغة العصبي

(1) M. C. Dewan, A. Rattani, S. Gupta, R. E. Baticulon, Y. C. Hung, M. Punchak, A. Agrawal, A. O. Adeleye, M. G. Shrime, A. M. Rubiano, and J. V. Rosenfeld, “Estimating the Global Incidence of Traumatic Brain Injury,” *Journal of Neurosurgery* 130 (2018), 1080–1097; M. P. Lindsay, B. Norrving, R. L. Sacco, M. Brainin, W. Hacke, S. Martins, J. Pandian, and V. Feigin, “World Stroke Organization (WSO): Global Stroke Fact Sheet” (2019); S. T. Engelter, M. Gostynski, S. Papa, M. Frei, C. Born, V. Ajdacic-Gross, F. Gutzwiller, and P. A. Lyrer, “Epidemiology of Aphasia Attributable to First Ischemic Stroke: Incidence, Severity, Fluency, Etiology, and Thrombolysis,” *Stroke* 37 (2006): 1379–1384.

(2) W. J. M. Levelt, *A History of Psycholinguistics: The Pre-Chomskyan Era* (New York: Oxford University Press, 2012; D. Vandenborre, E. Visch-Brink, and P. Mariën, “The Development of Modern Approaches to Aphasia: A Concise Overview,” *International Journal of Rehabilitation Research* 38 (2015): 189–194; N. F. Dronkers, M. V. Ivanova, and J. V. Baldo, “What Do Language Disorders Reveal about Brain-Language Relationships? from Classic Models to Network Approaches,” *Journal of the International Neuropsychological Society* 23 (2017): 741–754.

(3) H. H. J. Kolk, “Multiple Route Plasticity,” *Brain and Language* 71 (2000): 129–131; H. Duffau, “The Error of Broca: From the Traditional Localizationist: Concept to a Connectomal Anatomy of Human Brain,” *Journal of Chemical Neuroanatomy* 89 (2018): 73–81.

(4) Engelter et al., “Epidemiology of Aphasia.”

(5) J. Fridriksson, J., D. B. den Ouden, A. E. Hillis, G. Hickok, C. Rorden, A. Basilakos, G. Yourganov, and L. Bonilha, “Anatomy of Aphasia Revisited,” *Brain* 141 (2018): 848–862.

(6) M. C. Tate, G. Herbet, S. Moritz-Gasser, J. E. Tate, and H. Duffau, “Probabilistic Map of Critical Functional Regions of the Human Cerebral Cortex: Broca's Area Revisited,” *Brain* 137 (2014): 2773–2782.

(7) M. Mesulam, “Primary Progressive Aphasia,”*Annals of Neurology* 49 (2001): 425–432.

(8) J. D. Stefaniak, A. D. Halai, and M. A. L. Ralph, “The Neural and Neurocomputational Bases of Recovery from Post-Stroke Aphasia,” *Nature Reviews Neurology* 16 (2019): 43–55.

(9) D. Saur and G. Hartwigsen, “Neurobiology of Language Recovery after Stroke: Lessons from Neuroimaging Studies,” *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 93 (2012): S15–S25.

(10) A. Stockert, M. Wawrzyniak, J. Klingbeil, K. Wrede, D. Kümmerer, G. Hartwigsen, C. P. Kaller, C. Weiller, and D. Saur, “Dynamics of Language

Reorganization after Left Temporo-Parietal and Frontal Stroke," *Brain* 143 (2020): 844–861.

(11) Y. Grodzinsky, *Theoretical Perspectives on Language Deficits* (Cambridge, MA: MIT Press, 1990). For an Overview and Further Discussion, See J. Druks, *Contemporary and Emergent Theories of Agrammatism: A Neurolinguistic Approach* (London: Routledge/Psychology Press, 2016).

(12) A. Caramazza and E. B. Zurif, "Dissociation of Algorithmic and Heuristic Processes in Language Comprehension: Evidence from Aphasia," *Brain and Language* 3 (1976): 572–582.

(13) For a recent hypothesis on the Division of Labor between Frontal and Temporal Regions, See W. Matchin and G. Hickok, "The Cortical Organization of Syntax," *Cerebral Cortex* 30 (2020): 1481–1498.

(14) P. Hagoort, M. Wassenaar, and C. Brown, "Real-Time Semantic Compensation in Patients with Agrammatic Comprehension: Electrophysiological Evidence for Multiple-Route Plasticity," *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100 (2003): 4340–4345.

(15) For a discussion, see Druks, *Contemporary and Emergent Theories.*

الفصل التاسع: الوراثة العصبية للغة

(1) C. D. Darlington, "The Genetic Component of Language," *Heredity* 1 (1947): 269–286; L. Jenkins, "Language and Genetics," *Theoretical Linguistics* 5 (1978): 77–82; R. C. Berwick and N. Chomsky, "Why Only Us: Recent Questions and Answers," *Journal of Neurolinguistics* 43 (2017): 166–177.

(2) For an Excellent and Readable Introduction to Human Genetics, See S. Mukherjee, *The Gene: An Intimate History* (New York: Penguin Books, 2016).

(3) K. L. Grasby et al., “The Genetic Architecture of the Human Cerebral Cortex,” *Science* 367, no. 6484 (2020): eeaa6690. For background, see S. E. Fisher and S. C. Vernes, “Genetics and the Language Sciences,” *Annual Review of Linguistics* 1, no. 1 (2015): 289–310; S. A. Graham and S. E. Fisher, “Understanding Language from a Genomic Perspective,” *Annual Review of Genetics* 49 (2015): 131–160.

(4) C. S. Lai, S. E. Fisher, J. A. Hurst, F. Vargha-Khadem, and A. P. Monaco, “A Forkhead-Domain Gene Is Mutated in a Severe Speech and Language Disorder,” *Nature* 413 (2001): 519–523.

(5) The Articles Can be Retrived at http://news.bbc.co.uk/27hi/sci/tech/1575471.stm and http://news.bbc.co.uk/2Zhi/science/nature/2192969.stm.

(6) S. E. Fisher, “Human Genetics: The Evolving Story of FOXP2,” *Current Biology* 29 (2019): R65–R67.

(7) For early studies, See K. E. Watkins, F. Vargha-Khadem, J. Ashburner, R. D. Passingham, A. Connelly, K. J. Friston, R. S. Frackowiak, M. Mishkin, and D. G. Gadian, “MRI Analysis of an Inherited Speech and Language Disorder: Structural Brain Abnormalities,” *Brain* 125 (2002): 465–478; F. Liégeois, T. Baldeweg, A. Connelly, D. G. Gadian, M. Mishkin, and F. Vargha-Khadem, “Language fMRI Abnormalities Associated with FOXP2 Gene Mutation,” *Nature Neuroscience* 6 (2003): 1230–1237.

(8) M. B. Johnson, Y. I., Kawasawa, C. E. Mason, Ž. Krsnik, G. Coppola, D. Bogdanović, D. H. Geschwind, S. M. Mane, M. W. State, and N. Šestan, “Functional and Evolutionary Insights into Human Brain Development through Global Transcriptome Analysis,” *Neuron* 62 (2009): 494–509.

(9) S. C. Vernes, D. F. Newbury, B. S. Abrahams, L. Winchester, J. Nicod, M. Groszer, M. Alarcón, P. L. Oliver, K. E. Davies, D. H. Geschwind, and A. P. Monaco, “A Functional Genetic Link between Distinct Developmental

Language Disorders," *New England Journal of Medicine* 359 (2008): 2337–2345; S. A. Graham, P. Deriziotis, and S. E. Fisher, "Insights into the Genetic Foundations of Human Communication," *Neuropsychology Review* 25 (2015): 3–26; P. Deriziotis and S. E. Fisher, "Speech and Language: Translating the Genome," *Trends in Genetics* 33 (2017): 642–656.

(10) P. Pinel, F. Fauchereau, A. Moreno, A. Barbot, M. Lathrop, D. Zelenika, D. Le Bihan, J. B. Poline, T. Bourgeron, and S. Dehaene, "Genetic Variants of FOXP2 and KIAA0319/TTRAP/THEM2 Locus Are Associated with Altered Brain Activation in Distinct Language-Related Regions," *Journal of Neuroscience* 32 (2012): 817–825; M. Hoogman, T. Guadalupe, M. P. Zwiers, P. Klarenbeek, C. Francks, and S. E. Fisher, "Assessing the Effects of Common Variation in the FOXP2 Gene on Human Brain Structure," *Frontiers in Human Neuroscience* 8 (2014): 473; S. A. Graham and S. E. Fisher, "Understanding Language from a Genomic Perspective," *Annual Review of Genetics* 49 (2015): 131–160; J. Uddén, A. Hultén, K. Bendtz, Z. Mineroff, K. S. Kucera, A. Vino, D. Fedorenko, P. Hagoort, and S. E. Fisher, "Toward Robust Functional Neuroimaging Genetics of Cognition," *Journal of Neuroscience* 39 (2019): 8778–8787.

(11) S. E. Fisher and J. C. DeFries, "Developmental Dyslexia: Genetic Dissection of a Complex Cognitive Trait," *Nature Reviews Neuroscience* 3 (2002): 767–780.

(12) J. Williams and M. C. O'Donovan, "The Genetics of Developmental Dyslexia," *European Journal of Human Genetics* 14 (2006): 681–689.

(13) A. L. Giraud and F. Ramus, "Neurogenetics and Auditory Processing in Developmental Dyslexia," *Current Opinion in Neurobiology* 23 (2013): 37–42.

(14) T. M. Centanni, A. B. Booker, F. Chen, A. M. Sloan, R. S. Carraway, R. L. Rennaker, J. J. LoTurco, and M. P. Kilgard, "Knockdown of Dyslexia-Gene Dcdc2 Interferes with Speech Sound Discrimination in Continuous Streams," *Journal of Neuroscience* 36 (2016): 4895–4906.

(15) A. M. Galaburda, J. LoTurco, F. Ramus, R. H. Fitch, and D. D. Rosen, "From Genes to Behavior in Developmental Dyslexia," *Nature Neuroscience* 9 (2006): 1213–1217.

(16) A. Gialluisi, T. Guadalupe, C. Francks, and S. E. Fisher, "Neuroimaging Genetic Analyses of Novel Candidate Genes Associated with Reading and Language," *Brain and Language* 172 (2017): 9–15.

(17) N. Becker, M. Vasconcelos, V. Oliveira, F. C. D. Santos, L. Bizarro, R. M. D. Almeida, J. Fumagalli De Salles, and M. R. S. Carvalho, "Genetic and Environmental Risk Factors for Developmental Dyslexia in Children: Systematic Review of the Last Decade," *Developmental Neuropsychology* 42 (2017): 423–445.

الفصل العاشر: علم السلوك العصبي للغة

(1) C. I. Petkov and E. Jarvis, "Birds, Primates, and Spoken Language Origins: Behavioral Phenotypes and Neurobiological Substrates," *Frontiers in Evolutionary Neuroscience* 4 (2012): 12.

(2) E. D. Jarvis, "Evolution of Vocal Learning and Spoken Language," *Science* 366 (2019): 50–54.

(3) M. D. Hauser, N. Chomsky, and W. T. Fitch, "The Faculty of Language: What Is It, Who Has It, and How Did It Evolve?" *Science* 298 (2002): 1569–1579; S. W. Townsend, S. Engesser, S. Stoll, K. Zuberbühler, and B. Bickel, "Compo sitionality in Animals and Humans," *PLoS Biology* 16 (2018); K. Zuberbühler, 2020. "Syntax and Compositionality in Animal Communication," *Philosophical Transactions of the Royal Society B,* 375, no. 1789, 20190062.

(4) E. D. Jarvis, “Learned Birdsong and the Neurobiology of Human Language,” *Annals of the New York Academy of Sciences* 1016 (2004): 749; S. Nowicki and W. Searcy, “The Evolution of Vocal Learning,” *Current Opinion in Neurobiology* 28 (2014): 48–53; S. C. Vernes and G. S. Wilkinson, “Behaviour, Biology and Evolution of Vocal Learning in Bat,” *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 375 (2020): 20190061.

(5) Jarvis, “Learned Birdsong.”

(6) S. Haesler, K. Wada, A. Nshdejan, E. E. Morrisey, T. Lints, E. D. Jarvis, and C. Scharff, “FoxP2 Expression in Avian Vocal Learners and Non-Learners,” *Journal of Neuroscience* 24 (2004): 3164–3175; S. Haesler, C. Rochefort, B. Georgi, P. Licznerski, P. Osten, and C. Scharff, “Incomplete and Inaccurate Vocal Imitation after Knockdown of FoxP2 in Songbird Basal Ganglia Nucleus Area X,” *PLoS Biology* 5 (2007).

(7) T. Q. Gentner, K. M. Fenn, D. Margoliash, and H. Nusbaum, “Recursive Syntactic Pattern Learning by Songbirds,” *Nature* 440 (2006): 1204–1207: “We thus Demonstrate That Starlings Can Recognize Syntactically Well-Formed Strings, Including Those That Use a Recursive Centre-Embedding Rule. At Least a Simple Level of Recursive Syntactic Pattern Processing Is Therefore Shared with Other Animals. These Results Challenge the Recent Claim that Recursion Forms the Computational Core of a Uniquely Human Narrow Faculty for Language.” For a Critical Discussion, see C. A. Van Heijningen, J. De Visser, W. Zuidema, and C. Ten Cate, “Simple Rules Can Explain Discrimination of Putative Recursive Syntactic Structures by a Songbird Species,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (2009): 20538–20543.

(8) M. S. Ficken and J. W. Popp, “Syntactical Organization of the Gargle Vocalization of the Black-Capped Chickadee,” *Parus atricapillus. Ethology* 91 (1992): 156–168.

(9) C. N. Templeton, E. Greene, and K. Davis, “Allometry of Alarm Calls: BlackCapped Chickadees Encode Information about Predator Size,” *Science* 308 (2005): 1934–1937.

(10) Compositionality of Calls or Songs Is Currently Not Attested in Songbirds. For a Claim That It Might Be, see S. Engesser, A. R. Ridley, and S. W. Townsend, “Meaningful Call Combinations and Compositional Processing in the Southern Pied Babbler,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113 (2016): 5976–5981. However, there Is also Some Evidence That Their Calls Are Combinatorial: Meaningful yet Constituted of Meaningless Elements, a bit Like Words and Morphemes in Relation to Their Constituent Sounds. See S. Engesser, J. L. Holub, L. G. O’Neill, A. F. Russell, and S. W. Townsend, “Chestnut-Crowned Babbler Calls Are Composed of Meaningless Shared Building Blocks,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116 (2019): 19579–19584.

(11) J. P. Rauschecker and S. K. Scott, “Maps and Streams in the Auditory Cortex: Nonhuman Primates Illuminate Human Speech Processing,” *Nature Neuroscience* 12 (2009): 718–724; I. Bornkessel-Schlesewsky, M. Schlesewsky, S. L. Small, and J. P. Rauschecker, “Neurobiological Roots of Language in Primate Audition: Common Computational Properties,” *Trends in Cognitive Sciences* 19 (2015): 142–150; F. Balezeau, B. Wilson, G. Gallardo, F. Dick, W. A. Hopkins, A. Anwander, A. D. Friederici, T. D. Griffiths, and C. I. Petkov, “Primate Auditory Prototype in the Evolution of the Arcuate Fasciculus,” *Nature Neuroscience* 23 (2020): 1–4.

(12) R. M. Seyfarth and D. L. Cheney, “The Origin of Meaning in Animal Signals,” *Animal Behaviour* 124 (2017): 339–346.

(13) R. Gil-da-Costa, A. Martin, M. A. Lopes, M. Munoz, J. B. Fritz, and A. R. Braun, “Species-Specific Calls Activate Homologs of Broca’s and Wernicke’s Areas in the Macaque,” *Nature Neuroscience* 9 (2006): 1064–1070;

J. P. Taglialatela, J. L. Russell, J. A. Schaeffer, and W. D. Hopkins, “Communicative Signaling Activates ‘Broca’s’ Homolog in Chimpanzees,” *Current Biology* 18 (2008): 343–348.

(14) K. Ouattara, A. Lemasson, and K. Zuberbühler, “Campbell’s Monkeys Concatenate Vocalizations into Context-Specific Call Sequences,” *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (2009): 22026–22031.

(15) K. Arnold, and K. Zuberbühler, “Call Combinations in Monkeys: Compositional or Idiomatic Expressions?” *Brain and Language* 120 (2012): 303–309; K. Zuberbühler and A. Lemasson, “Primate Communication: Meaning from Strings of Calls,” in *Language and Recursion*, ed. Francis Lowenthal and Laurent Lefebvre, 115–125 (New York: Springer, 2014); P. Schlenker, E. Chemla, and K. Zuberbühler, “Semantics and Pragmatics of Monkey Communication,” in *Oxford Research Encyclopedia of Linguistics,* ed. Mark Aronoff (Oxford: Oxford University Press, 2017); K. Zuberbühler, “Combinatorial Capacities in Primates,” *Current Opinion in Behavioral Sciences* 21 (2018): 161–169.

(16) Balezeau et al., “Primate Auditory Prototype.”

الفصل الحادي عشر: مستقبل اللغويات العصبية

(1) A. L. Giraud and D. Poeppel, “Cortical Oscillations and Speech Processing: Emerging Computational Principles and Operations,” *Nature Neuroscience* 15 (2012): 511–517.

(2) G. Baggio, P. Cherubini, D. Pischedda, A. Blumenthal, J. D. Haynes, and C. Reverberi, “Multiple Neural Representations of Elementary Logical Connectives,” *NeuroImage* 135 (2016): 300–310.

(3) J. Holler and S. C. Levinson, “Multimodal Language Processing in Human Communication,” *Trends in Cognitive Sciences* 23 (2019): 639–652; F. Mollica, M. Siegelman, E. Diachek, S. T. Piantadosi, Z. Mineroff, R. Futrell,

H. Kean, P. Qian, and E. Fedorenko, “Composition Is the Core Driver of the Language- Selective Network,” *Neurobiology of Language* 1, no. 1 (2020): 104–134.

(4) M. H. Christiansen and N. Chater, *Creating Language: Integrating Evolution, Acquisition, and Processing* (Cambridge, MA: MIT Press, 2016).


هنداوي